



Vinylspelare (huvudartikel)

By calle_jr, September 5, 2016 in Artikelarkiv

Sign in to follow this

Followers

16

vinyl • setup • pickup • tonarm • stepup • motorstyrning • drivverk • vtf • vta • impedansmatchning

calle_jr

Posted September 5, 2016

#1

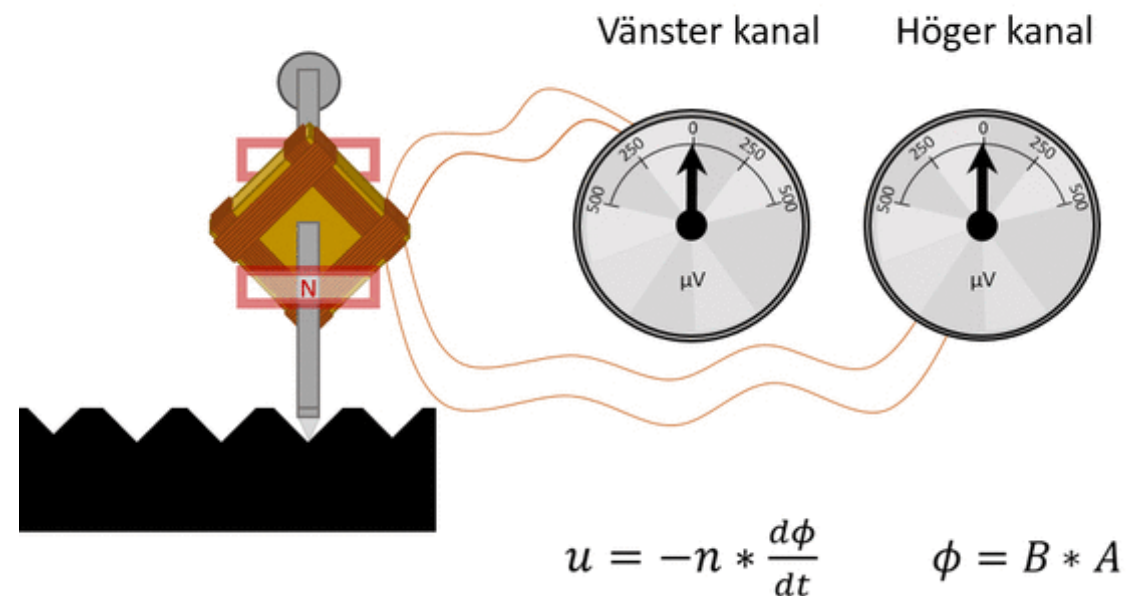


Admin
+ 2 230

17 272 posts
Location:Malmö

Vinylspelare

Text och bilder: [Peo](#) + [Bebop](#) + [calle_jr](#) korr av [eliot](#) och [Harryup](#) September 2016



Denna artikel är ett försök att belysa de flesta parametrar som har betydelse vid vinylavspelning. Eftersom vinylavspelning handlar om musikupplevelse så kanske vissa synpunkter inte stämmer för dig eller någon annan, och i många fall går det inte att påvisa vad som är rätt och fel. Detta är alltså ingen vetenskaplig artikel, utan en text med både tyckande och gissningar. Vinylkunnandet hos Euphonias medlemmar innefattar allt från noll till mycket högt. Vi har försökt sätta ihop något som kan tilltala både newbies och erfarna. Så läsare får hoppa över de avsnitt som inte är intressanta eller som upplevs som onödig överkurs.

Ursprunget till skivspelaren fyller 140 år under 2017. Det var nämligen 1877 som den engelske uppfinnaren och innovatören **Thomas Alva Edison** lanserade sin fonograf. En modell han lanserade 1887 fick namnet *gramophone*, vilket blev den allmänna beteckningen sedan 1900 från alla tillverkare. Men det skulle dröja fram till 50-talet till lanseringen

av den moderna LP-skivan då vi fick den high-end produkt vi är så förtjusta i; framför allt slutet av 50-talet då även stereoutgåvorna intog marknaden. Många av dessa inspelningar räknas än idag bland de bästa hifi-inspelningar som getts ut och det är landvinningarna inom mediat och delkomponenterna från denna tid och framåt som vi behandlar i denna artikel.

Vi tar endast upp sådant som påverkar skivspelarens prestanda. Dvs allt. Precis alla delkomponenter till en skivspelare påverkar ljudet. Var gränsen går för vad som har betydelse för var och ens lyssnande är en högst personlig erfarenhet. Men det normala är att man har mycket att hämta genom att kontrollera och fintrimma en nyuppställd spelare. Använd gärna denna artikel som checklista för din egen rigg, och glöm inte prova alternativa vägar till vad som skrivs här.

I artikeln förekommer ett stort antal bilder, diagram/grafar och figurer (med och utan animation). Dessa är framtagna av Peo, Bebop eller Calle_jr om inget annat framgår.

Frågor / tillägg kan göras i denna tråd: <http://www.euphonia-audioforum.se/forums/index.php?showtopic=12193>

1. [En gammal teknik som fortfarande överträffar](#)
2. [Vinylskivan](#)
3. [Pickupen](#)
4. [Tonarmen](#)
5. [Drivverk](#)
6. [Motor och motorstyrning](#)
7. [Plint, rack och uppställning](#)
8. [Anpassning av tonarm till pickup](#)
9. [Anpassning av stepup, kablar och riaa till pickup](#)
10. [Tonarmsgeometri](#)
11. [Modulering av vinylskivor](#)
12. [Elektromekanisk betraktelse av vinylspelare](#)
13. [Mekanisk överföring från LP till generator](#)
14. [Elektromekanisk simulering med SPICE](#)
15. [Den magnetiska kretsen](#)
16. [Simulering med stepup-transformator - SUT](#)
17. [The Real Deal](#)
18. [Sammanslagning av systemen](#)
19. tba

Bebop



Moderator

+ 2 290

11 292 posts

Location:Sydsverige

Posted September 5, 2016

#2

1. En gammal teknik som fortfarande överträffar

Att få ut det mesta av sin vinylavspelning handlar mycket om teknik och mekanik. Hur mycket man vill ta till sig av detta ligger i betraktarens avgörande. Den bästa referens vi kan ge är våra egna erfarenheter och de kunskaper vi skaffat från vinylspelare sedan 70-talet och framåt samt de resultat vi uppnått under denna resa. En del av förståelsen ligger också i att känna till några drag från historien bakom, om rötterna till vårt njutningsmedel. Vi har samlat ett urval av viktiga händelser och uppfinningar som lett fram till dagens vinylskiva och avspelning av den. I detta kapitel går vi inte på djupet om teknik och funktion. Det blir desto mer av det i följande kapitel, både teknik och applikation, tips & råd.

78-VARVAREN

LP-skivan föregicks av 78-varvsskivan, populärt kallad *stenkakan* som var en skiva i shellack med ca 3 minuters speltid i 78 varv/min. Det var i stort sett den uppfinning som Edison lanserade där man både spelade in och av via en tratt vars ljudvågor etsades på en lackskiva som man sedan gjorde matriser av och därefter pressade. Den uppfanns av tysk-amerikanen **Emile Berliner** som fick patent på idén med en horisontell skiva till skillnad från Edisons vertikala avspelning från cylindrar. Därmed har vi ringat in ursprunget till varför skivan ser ut som den gör med ingraverade spår från ytterkant mot mitten i rotationsriktning med solen.



Trattgrammofon från början av 1900-talet. Källa: Google search

Frekvensomfånget och dynamiken begränsades av tekniken som medgav ett frekvensomfång upp till ungefär 5,000 Hz.

78-varvaren dominerade musikmarknaden från 1920- till omkring 1950 och sålde i för tiden enorma volymer. Det gav också musikerna en ny plattform att komma ut vilket genererade konserter och idoler på ett sätt som tidigare varit okänt. Det lockade också fler låtskrivare. Det var en stor revolution som vi fortfarande rider på.

ORTOFON GÖR EPOKGÖRANDE INNOVATIONER FÖR LP-SKIVAN

Under 40-talet arbetade ingenjörer i framför allt USA med ny teknik för att höja återgivningskvaliteten. Men helt ensamma var de inte. Columbia introducerade LPn 1948 och ett viktigt bidrag till detta kom från danska **Phono Film Industry A/S** som 1945 lanserade ett elektriskt styrt graveringshuvud som möjliggjorde gravering av en monosignal med frekvensomfång upp till 14 kHz, en höjning från 78-varvarens 5 kHz. Företaget bytte namn 1951 till **Ortofon A/S** och är en dansk raritet i sammanhanget. Bilden visar deras stereohuvud som kom några år senare.



Kopia från gammalt kommunikationsmaterial om graverhuvud från Ortofon

Ett graverhuvud är i stort sett en pickup som tar emot musiksignalen som skapar ett rörelsemönster för nålen som graverar dessa som spår på en lackskiva som det sedan görs matriser från som används för att pressa vinylskivor.

För att återge det förbättrade frekvensomfånget och dynamiken krävdes också ny teknik för avspelning. Även denna utveckling leddes av Ortofon som 1948 lanserade en monopickup enligt principen *Moving Coil*, det vi idag kallar MC-pickup.



En av Ortofons tidigaste MC-modeller kring 1950. Källa: Google search

Samtidigt arbetade industrin med att utveckla teknik för stereoplattor. Ortofon hängde på och lanserade sin första gravernål för stereo 1957 (se bild ovan) och ett år senare en ny MC-pickup för stereoåtergivning som fick namnet SPU. Det är en modell som fortfarande finns kvar och som har en stor beundrarskara världen runt. Naturligtvis har den

utvecklats under åren men grunden är densamma. Här i en av de senaste tappningarna.



Ortofons MC-pickup SPU A95 från våra dagar. Källa: Ortofon

SHURE TAR PLATS PÅ SCENEN

I USA hände det också saker vid denna tid. **The Shure Radio Company** (senare **Shure Inc.**) hade sin bakgrund och framgångar från radiomottagarna som också växte kraftigt. Shure var också viktiga för välljudet genom all teknik runt om och inte minst då mikrofoner med tillhörande utrustning. De var också en av de ledande tillverkarna av föregångarna till de moderna pickuperna. 1958 tog de ett rejält kliv framåt.

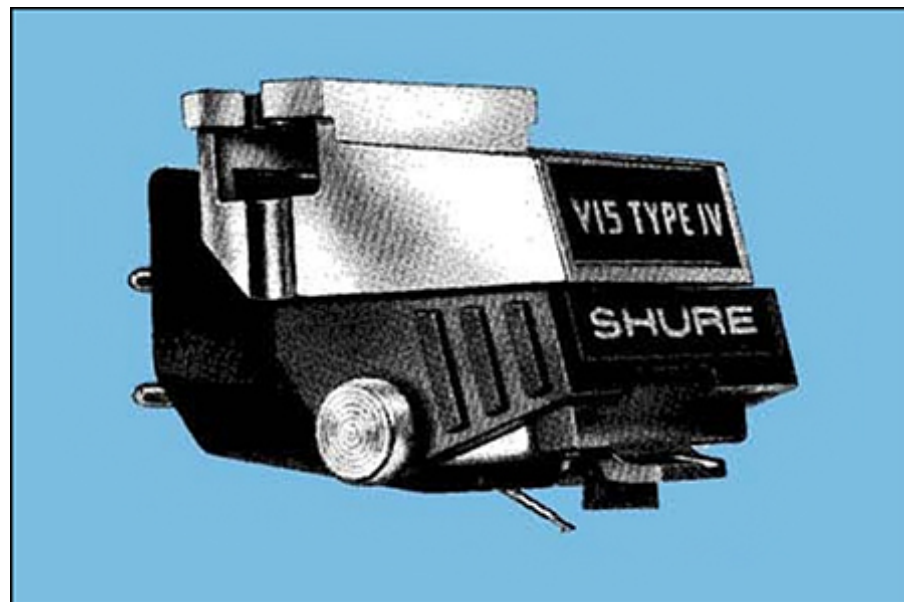
MC-pickuperna som Ortofon utvecklat hade väldigt låg utsignal och ställde stora krav på förstärkning. De var också dyra. Det var här Shure gjorde sin inbrytning med att lansera den första pickupen av *Moving Magnet*-typ, alltså det vi kallar MM-pickup. Modellen hette **Shure M3D** och blev en viktig milstolpe för spridning av skivspelare och LP-skivan (samt singlar/EP).



Shures första mm-pickup. Källa: Google search

Den spårade väl, hade lågt bakgrundsbrus, bra ljud och var ekonomiskt tillgänglig för massorna vilket även lockade tillverkare av skivspelare. Den följdes av en lång rad klassiker från Shure och fler tillverkare hakade på tåget; namn som **Pickering, Stanton, Ortofon, Audio Technica, ADC, Philips** med flera. Fler japaner kom lite senare med modeller från bl a **Technics (National/Panasonics), Sony, JVC** och **Hitachi**

Shures V15-modeller vars första generation lanserades 1964 ansågs vara den förnämsta MM-pickupen under i stort sett hela sin levnad. Tillverkningen lades ner 2005 och saknas av många vinylvänner. Det tusslas om att ett gäng ingenjörer försöker få liv i den igen...



Shures klassiska mm-pickup V15 Type IV. Källa: Google search

MM-pickuperna blev oerhört framgångsrika. T o m Ortofon övergav nyuteckling av MC-pickuper och hängde på MM-tåget.

Vi har alltså redan 1958 den moderna LP-skivan i stereo och pickuper för avspelning. Det som hänt sedan dess är förfiningar av produkter men ingen revolutionerande teknikutveckling av mediet och pickupen. Men än är det ändå inte slut på landvinningar Det krävdes också skivspelare och tonarmar av modernt snitt.

DEN MODERNA SKIVSPELAREN

Fortfarande byggde skivspelarna på gammal teknik, dvs chassi, upphängning och drivning där mellan hjul på tallrikens undersida eller insida var vanliga. Den kanske mest kända och betydelsefulla klivet framåt togs av **Thorens** och deras **TD124 HiFi Record Player** som lanserades som ett rent däck utan tonarm 1957. Det var en förfining av befintlig teknik som blev väldigt lyckad. Thorens är ett schweiziskt företag med rötter i finmekanik. Samtidigt i England experimenterade företagaren **Alastair Robertson-Aikman** med en egentillverkad tonarm till sin privata skivspelare. Den blev så lyckosam att han över tid transformerade sitt maskinriktade företag **The Scale Model Equipment Company Limited** till att bli tonarmstillverkare. Företaget är känt som **SME** och tonarmen fick beteckningen **SME 3012** och lanserades 1959. TD124 och SME 3012 är veritabla klassiker och de är fortfarande eftersökta. Tonarmen var 12 tum och följdes senare av en 9-tumssvariant som följaktligen heter SME 3009. Här en bild på TD124 med SME 3012 tillverkad för Ortofon (se logotype på chassit)



Thorens TD124 tillverkad för Ortofon. Källa: Google search

En tillverkare som inspirerades av just TD124 var **Lenco** (också från Schweiz) som hade enorma framgångar med sina modeller från mitten av 60-talet och 10-15 år framåt. De byggde på i stort sett samma teknik som Thoréns TD124 med bl a mellanhjul. Här en L75 från början av 70-talet.



Lenco L75. Källa: Google search

De nya pickuperna hade större potential än vad de flesta skivspelare kunde återge i slutet av 50-talet, om ens någon. En som insett detta var den amerikanska skribenten, uppfinnaren, forskaren och läraren **Edgar Villchur** som är mer känd för sina otroligt framgångsrika högtalare **AR**. Men det är en annan historia.

Edgar hade funderingar på hur man kunde maximera specifikationerna för en skivspelare som kunde ge de nya MM-pickuperna rättvisa. Han satte upp en kravlista som hade lite andra idéer och prioriteringar än vad TD124 hade, bl a:

- *No-nonsense* - så enkelt som möjligt
- Lätt tonarm för optimering av tonarmsresonans med de nya MM-pickuperna
- 24-polig motor för jämnare gång
- Frikoppling av skivtallrik och tonarm från chassit i en justerbar fjäderupphängning
- Ökad massa i skivtallrik för jämnare gång
- Remdrift för isolering av motorvibrationer till skivtallriken
- Armgeometri för minimalt vinkelfel under avspelning
- Nyutvecklade lager och nytänk kring isolering och stabilisering av skivtallriken

Som ni kommer att se i artikelserien är detta områden som fortfarande är högst aktuella. Första släppet av denna epokgörande skivspelare som hette **AR X/A** gjordes 1961. Den kom att stå modell för en hel rad av skivspelare och dess specifikation blev lite av en utvecklingsmall för vilka områden som hade betydelse för återgivningen. Företaget var amerikanskt och hette **Acoustic Research**. Många av de innovationer som Villchur lanserade är fortfarande i högsta grad giltiga. AR's skivspelare är även idag eftersökta spelare, inte minst bland DIY'are.

CARNIVAL of VALUES

Famous-Name Turntable Outfits

Acoustic Research 2-Speed Turntable Outfit
PLUS 1¢ Empire 880P Cartridge Sale

AR



- Two Accurate Speeds—33½ and 45 rpm
- Two Permanent-Magnet Synchronous Motors
- Massive 3.5-Lb. Aluminum Platter
- Protective Viscous Damping for Tone Arm

A great buy for the music lover! Offers thrilling stereo reproduction—just the way it was recorded. Bigger-than-ever savings, too. Our special sale price gives you the Empire cartridge for 1¢ more!

Top-quality AR turntable has 2 synchronous motors and belt-adjust drive for accurate 33½ and 45 rpm speeds. Shock mounted, too. Heavy, 3.5-lb. aluminum platter includes plastic foam pad—protects delicate records. 12" tone arm has protective damping mechanism. If dropped, it flops gently down to record. Wow and rumble are at a minimum—music always sounds great! Accessories include oiled walnut base, plastic dust cover, pressure gauge, and cables. For 110-120 v., 60 cycle A.C.

The Empire 880P deluxe stereo cartridge, offered in this outstanding outfit, has received recognition from many audio experts as a tremendous performer. .0006" hand-polished diamond stylus is coupled with a special magnetic element of extremely low dynamic mass. Reduces distortion to the vanishing point. Channel separation exceeds 30 db. Response: 6 to 30,000 cps. Compliance: 30x10⁻⁸ cm/dyne. Tracks as low as 1/2 gram. Slip. wt., 20 lbs.

23 RU 572-2P **68.01**
73 RU 119-P. Above, less cartridge. 19 lbs. **68.00**

only **1¢** more when you buy the Acoustic Research 2-Speed Turntable Outfit
 Reg. \$19.95

Save **\$19.94** | AR Turntable and 880P Cartridge **\$68.01**
 \$5 monthly

Annonskopia för AR's skivspelare



AR's banbrytande skivspelare. Källa: Google search

Även Thorens tog till sig innovationerna från AR och en av de främsta och mest sålda skivspelarna under 70-talet var utan tvekan **Thorens TD166** med deras egen arm. Denna skivspelare byggde på samma grundfilosofi som ARs. Den fanns även utan arm och hette då **TD160**. Dessa och kommande modeller bidrog till att tränga ut Lenco från marknaden vars mellanhjulsdrivning hade gjort sitt. Deras armar var inte heller lämpad till de allt mer lågkomplianta pickuperna på marknaden. Från mitten av 70-talet var Lenco i stort sett borta från hifi-butikerna.



Thorens TD166. Källa: Google search

Till AR-skolan hör också **Linn Sondek LP12** hemma. Vi återkommer till den.

Japanerna hade också fått eld under sulorna och den främsta banbrytaren för detta var utan tvekan **Technics** oerhört framgångsrika **SL 1200** som hade skivdirekt drift vilket innebär att skivtallriken är en del av motorn, alltså inga remmar eller mellan hjul för drift av skivtallriken. De argumenterade jämn drift med siffror på svaj och *rumble* ingen dittills varit i närheten av. En annan nyhet var den S-formade armen som sas vara betydligt bättre än de äldre typerna på marknaden. Om detta tvistas det än idag. SL 1200 fick bokstavligen en hel armada av efterföljare från Japan att invadera Europa och USA med direkt drift och S-arm.



Technics storsäljande direktdrivna SL-1200. Källa: Google search

Alla de stora japanerna lanserade direktdrivna verk med S-arm, t ex **Kenwood**, **Marantz**, **JVC**, **Sony**, **Pioneer**, **Akai** och **Yamaha**. Detta var under 70-talet när "alla" skulle ha ett stereorack hemma jämte soffgruppen med åtminstone en skivspelare, receiver och kassettdäck. Fantasterna hade integrerad förstärkare och separat radiodel. FM började

sända i stereo. Vi gissar att 60-70 % av dessa rack hade elektronik och skivspelare från Japan och resten från Philips/Dux eller svenska Luxor samt någon släng från slevan till engelsmännen (t ex Ferguson), danskar (B&O) och norrmän (Tandberg). Det var en guldålder för hifi och det var också guldåldern för LP-skivan.

Den enda (?) europeiska tillverkaren som försökte hänga på direktdriften var tyska **Dual** som tillverkade ett antal direktdrivna verk med hygglig framgång inledningsvis.

Mitt i allt detta kom en uppstickare från Skottland, **Linn Sondek** med sin nu klassiska och legendariska **LP12**. Om man är lite elak (mot Linn) skulle man kunna säga att det är en förfinad modell enligt samma grundprinciper som AR X/A från 1961. Linn håller säkert inte med. Men Linn gjorde också ett par andra genialiska drag som var nytt för tiden. För det första var det i grunden en bra skivspelare. Hur bra visavi de bästa direktdrivna verken kan diskuteras och det görs också. Men den kanske viktigaste innovationen hittar vi från den marknadsföring och kommunikation Linn Sondek presenterade. De pratade inte om svaj eller rundgång utan om musikalitet *for the sheer love of musik*. De införde känslor i argumentationen och vädjade till sinnen om rytm, sväng och upplevelser som japanerna missat i sin kommunikation, typ vad hjälper lågt svaj och rumble om det inte svänger. Man hade också en slogan om att skivspelaren var viktigast i hela kedjan eftersom det som inte tas upp korrekt av skivspelaren är sedan förlorat. Underförstått så skulle LP12:an göra detta bättre än någon annan.



Linn LP12 som blev ny referens för remdrift under 70-talet. Källa: Google search

Skivspelaren ovan är en LP12 av senare datum men i stort ser den idag ut som den gjorde då. Den tillverkas fortfarande. LP12:an lanserades 1972 och blev en formidabel succé. HiFi-pressen instämde i Linn Sondeks pressreleaser. Direktdrivna verk fick dåligt rykte som goda ljudförmedlare.

Några nya innovationer av format på skivspelarfronten (inklusive armar och pickuper) upphörde i stort under 70-talets andra hälft. Nya produkter kom men utan direkta nyheter annat än i marknadsföringen. Det var inte Linn Sondek som satte stopp för det utan snarare ett par nya tekniker som var på ingång som lockade framför allt japaner samt Philips att titta åt ett annat håll. Compact Disk (CDn) stod för dörren plus videospelaren där till slut VHS-spelaren segrade i formatkampen trots att det gav sämre bild än Sonys Betamax och Philips 2000-system

ORTOFON EN GÅNG TILL

Andra halvan av 70-talet såg ytterligare en milstolpe. Ortofon, uppfinnaren av MC-pickupen lanserade på nytt en MC-pickup som slog marknaden med häpnad. Den hette MC20 och den blev inledning till en utveckling av helt nya och bättre pickuper från flera håll. Många lämnade marknaden helt (pga CD-hotet) men nya kom till. Om du var intresserad av *high-end* så var det MC-pickuper som gällde. Förstärkare fick inbyggda MC-steg och tonarmarna fick mer massa för att bättre passa MC-pickupernas lägre fjädringsmjukhet. Man kan säga att detta var vinylernas sista försök att värja sig för det som skulle komma. Trots försöken att fånga nytt intresse så gav många upp. Vinylskivans tid var över...



Ortofons banbrytande MC-pickup MC20 från 70-talet. Källa: Google search

...dvs så trodde de flesta. Ortofon gick faktiskt bättre än väntat. Dels tack vare succen med sina nya MC-pickuper men även pga deras OM-serie som lanserades under 80-talet. Ortofon myntade en ny företagslogan: *Ortofon - the last cartridge producer in the world*. Med det ville de också ge en signal till all vinylvänner att de inte ger upp det *svarta guld*et. Det fanns fler som inte gav upp och framför allt såg nya entreprenörer en möjlighet och deras inbrott har också varit viktiga för att inte vinylen hamnade på sophögen. Märken som t ex **Rega**, **Project**, **Clearaudio**, **Nottingham Analogue**, **Lyra** och **Benz** hängde i eller etablerades efter att den stora boomen ebbat ut under 70-talet.

Allt eftersom internethandel och streaming vuxit så försvann den skivhandel vi varit vana vid. Istället kom nya aktörer som sålde begagnad vinyl. Några entreprenörer satte igång nytillverkning i små serier och de köpte också rättigheter att återutge gamla inspelningar på vinyl. Sakta men säkert började intresset växa igen och som ett trollslag håller vinylen på att åter få fast mark under fötterna och den utvecklingen accelererar kraftigt.

Under faktasökning till detta avsnitt har vi hittat nya firmor som utvecklar nya graverhuvud och skivpressar där man introducerar ny teknik med hjälp av den mekaniska utvecklingen som varit sedan den senaste utvecklingen från 70-talet och inte minst it-utveckling för t ex styr och reglering av maskiner som skett under den period LP'n tog en ofrivillig *time out*. Det har lett till både bättre och jämnare kvalitet och högre effektivitet. Det har även skett utveckling av själva "vinylen" som idag kan generera tystare bakgrundssus från skivor än på 70-talet. Till detta bidrar även dagens nålslipningar.

Trots nyetablering och nya maskiner råder idag brist på presskapacitet. Vinylen har klarat hotet inte enbart från CD-skivan utan från alla möjliga inkarnationer av det digitala formatet oavsett om det levereras över CD-skivor, eller strömmas via iPoddar, datorer eller datorer inbyggda i förföriska hifi-skall mm. Dessutom, skivbolagen tjänar åter pengar på vinyl vilket är en viktig förutsättning för fortsatta investeringar och tillväxt.

Spelare och pickuper är bättre än någonsin. Även rullbandspelaren ser ut att få en ny chans. Revox lanserar åter en bandare under 2017... Alla argument kring bekvämlighet med att strömma musik från *cyber space* går inte hem i alla stugor. Musik- och hifi-intresse är mer än enbart logistik. Det är kul med mekanik och album. I längden tror vi också att ljudkvalitet alltid vinner över den utveckling de digitala medierna gett sig in på. Det är ju inget fel i sig på det digitala mediet, men istället för att utnyttjat den kvalitativa potentialen gör man precis tvärtom, dvs ägnar sig mer åt distributionsfrågor och komprimering, både av dynamik och upplösning. Dessutom en uppsjö av nya standarder och format. Drivkraften bakom är sällan bättre ljud utan mer en fråga om distribution. Det känns skönt att luta sig tillbaka och leva bland *dåtidens vänner* här och nu - sätta på en LP-skiva och bara njuta.

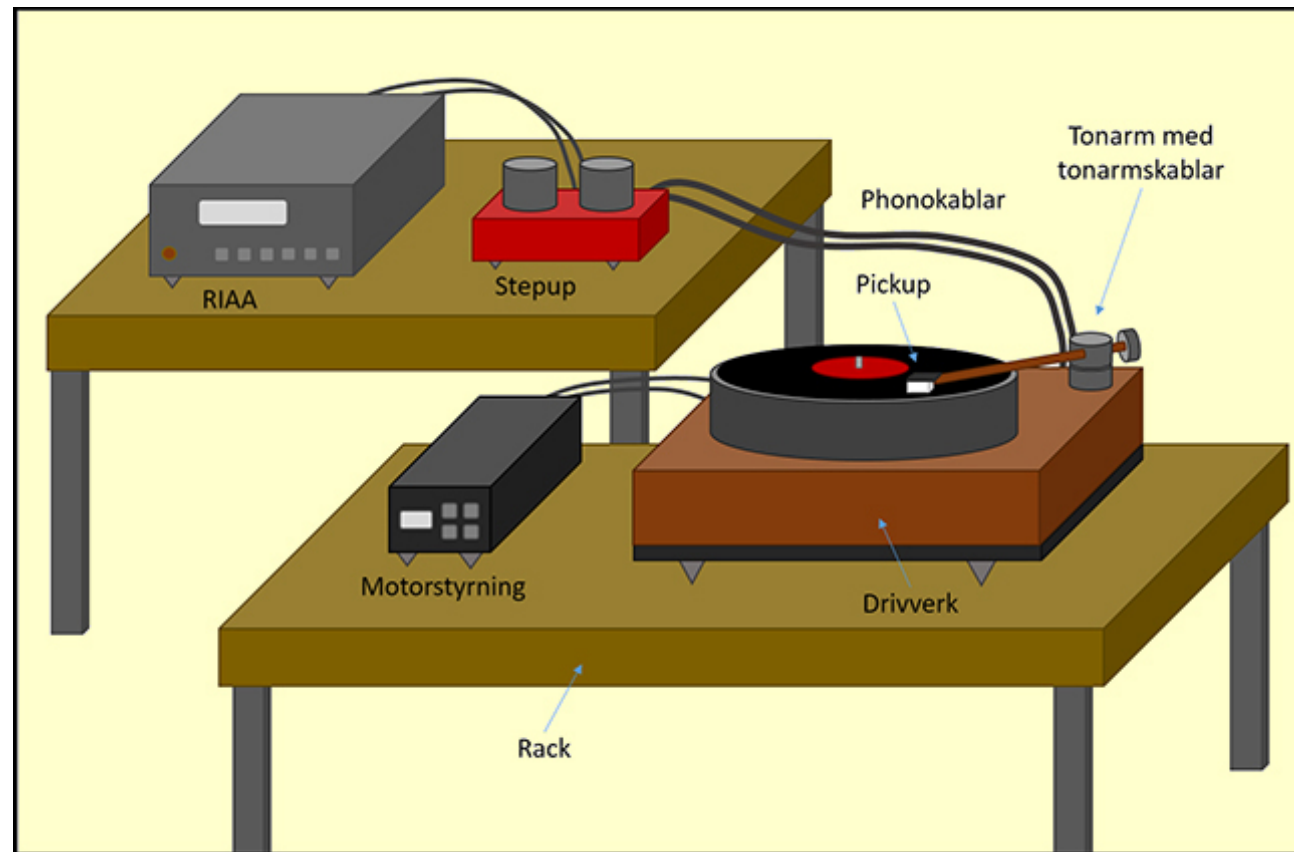


Högtidsstund med Nottingham Analogue, SME309, Benz Ruby, VTL, Audio Research och Dynaudio på scenen

Urvalet av milstolpar ovan är vår subjektiva värdering av några av de viktigaste händelserna, inte alla, men några som dagens teknikutveckling tagit sitt avstamp från till vår mycket stora lättnad, glädje och förtjusning. 😊

INTRODUKTION TILL FÖLJANDE KAPITEL

Följande illustration visar de komponenter som vi behandlar i denna artikelserie. Ett antal mekaniska och elektriska komponenter förbundna med varandra. Skall det vara så knepigt att få det att låta? Svaret på den frågan är; nej, det är inte svårt. Men som ni kommer att se så är det lite större utmaningar att få det att låta riktigt, riktigt bra. Ambitionen med artikelserien är att ge goda råd men också insikter och förståelse för tekniken bakom. Ju mer man förstår, desto lättare är det att gå vidare på egen hand och fokusera på "rätt" saker.



calle_jr

Posted September 9, 2016

#3



Admin

+ 2 230

17 272 posts
Location:Malmö

2. Vinylskivan

Det är märkligt. En helt mekanisk teknik som med dagens mått borde vara stenålder, och som inte är mättningsvärd i nivå med modern teknik i något avseende, men som får lyssnaren att känna musikens magi. Hur kan det komma sig? Kanske är det just att man bevarar naturens elektromekaniska lagar, från sång, instrument, inspelning och uppspelning. Utan syntetiska processer. *Who knows?* 🤔

HISTORIK

Thomas Edison uppfann fonografen år 1877. Vilken grej det måste ha varit. Den kunde spela in, bevara och spela upp ljud. **Emile Berliner** uppfann mikrofonen samma år, bara för att 10 år senare uppfinna grammofonen. Till skillnad från fonografen lagrade man med grammofonen ljudet på en rund roterande skiva istället för en ihålig cylinder. Detta underlättade väsentligt för industrin eftersom man kunde börja serietillverka skivor, och eftersom dessa tog mindre plats att förvara. Berliner grundade även skivbolaget **Deutsche Grammophon**.



Thomas Edison 1878 med fonograf. Bild: Mathew Brady

Vinyl-LP betyder Long Play och kommer egentligen från övergången till micro groove på 50-talet men betyder i dagligt tal 12" 33-varvare, även om det finns en mängd undantag. 7" 45-varvare med endast ett spår på varje sida kallas för singlar. EP är ett marknadsbegrepp och står för Extended Play. Dessa är i dagligt bruk 7" och 45-varvare och har minst 2 spår på minst ena sidan. 12" 45-varvare är maxisingel, och kan ha ett eller flera spår per sida. Därutöver finns 10" både för 33 och 45 rpm, men även 8 och 16". Det förekommer även 16 och 78 rpm för shellac (sk stenkakor). Mellan 1914 och 1929 lät Edison tillverka *Condensite*, en slags bakelit som han och **Aylsworth** utvecklade från scratch, och som var överlägset shellac. Men det var betydligt dyrare och slog därför aldrig igenom. De första 16"-skivorna användes i filmindustrin och avspelades inifrån och ut. Den första prototypen till LP utvecklades av **Western Electric** 1926, för att kunna få med ljudet till hela filmband på en skiva. Den första LP-skivan lanserades av **RCA Victor** 1931. Man kunde inte ha valt ett sämre läge tidsmässigt. Skivförsäljningen hade minskat till 10% under depressionen jämfört med 20-talet. Som tur var hade moderbolaget RCA muskler, och man spelade in Beethovens femma med Philadelphia Symphony Orchestra under ledning av **Leopold Stokowski**. Inspelningen gjordes i salen Academy of Music som en 12" dubbelsidig 33-varvare. LPn har skivnummer L-7001, med matrisnummer LCVE 67543-1 och LCVE 67544-1. RCA Victor kallade denna nya serie inspelningar för *Program Transcription Records*.



Världens första LP: Beethoven Symphony No. 5 in C Minor. Bild: stokowski.org

Skivförsäljningen skulle inte återhämta sig förrän efter kriget och LP som kommersiell produkt lanserades först 1948 av **Columbia Records**, och ersatte då successivt 78 rpm stenkakor. I Sverige var det **Metronome** som släppte den första LPn 1950. Speltiden för en LP är 20 min per sida, men kan varieras och optimeras som vi ska beröra nedan. Normalvikten för en LP är 140 g, men en del säger att ljudkvaliteten förbättras med tyngre vinyl, och det finns gott om producenter av 180 och även 200 g LP. Det finns audiofilbolag som ger ut ommastrade 45-varvare på 12", så att en enkel original-LP ges ut som 2x12" med 45 rpm. De menar också att kvalitén blir ännu bättre om man endast pressar ena sidan och därutöver renar vinylmassan så den blir klar. I slutändan har man en extrem återutgåva där en enkel original-LP ges ut på 4x12" clarity vinyl 180 g 45 rpm! I samband med oljekrisen i början på 70-talet var förhållandet omvänt och man gjorde tunnare vinyl, så kallad flexidisc, för att spara på grundmaterialet. Övriga format är normalt bara gimmicks och förekommer i påhittiga kreationer med picturedisc, urfrästa former, hemliga meddelande, holografier etc. **Jack White** släppte 2014 albumet [Lazaretto](#) som är ett demonstrationsexempel där han smyckat LPn med vad som är möjligt med vinyl. Dubbel- och trippel-LP har i stället för 1-2, 3-4, 5-6 ofta gjorts i följd 1-6, 2-5, 3-4, så att man kan spela dem på skivväxlare och bara vända en gång.

Det går att härleda en LPs ursprung för varje pressat exemplar. I det *döda vaxet* mellan sista spåret och etiketten på varje sida finns det ingravert (med stämpel eller för hand) matrisnummer och stamper, och normalt också vilken fabrik och ansvarig mastringsingenjör. Ofta finns även andra kännetecken såsom mastringsstudio och pressverk. Vi kör följande album som ett exempel:



Sopranen Kirsten Flagstad med London Symphony Orchestra under ledning av Øivin Fjeldstad - Sibelius Song Recital, Decca SXL 2030, en inspelning från 1958. Här en ED1 med wideband groove ffss, laminerad front och flipbacks.

På denna fina Decca-LP står det ZAL-3999-1K kl 6;



ZAL-3999 är matrisnumret (ofta samma som katalognumret, men inte för Decca). ZAL indikerar att det är klassisk musik i stereo, och siffrorna är arkivnumret på masterbandet. 1K betyder 1:a masterlacket och K är mastringsingenjören Tony Hawkins. Vidare kan det stå 1 kl 9 och ett U kl 3. Siffran kl 9 är numret på modern, och 1 är alltså första modern. Bokstaven kl 3 är någon av bokstäverna i *BUCKINGHAM*, och indikerar vilken stamper det är. Ett U är således 2:a stampern. Dubbla bokstäver exvis UC betyder 23:e stampern. Eftersom skivbolag bytte grafik på sina etiketter vid ett antal (mestadels) kända tidpunkter, så är även etiketten en stor hjälp vid härledning. Exvis blå och röd Decca, med och utan box, wideband, narrowband, hur och vilken standard rimtext man hade (med och utan *Original Recording By, Made in England*) osv. I England är även skattekoden till hjälp för utgåvor före 1973, eftersom denna stämplades på etiketten (exvis E/T stämplades på etiketten för utgåvor 1960-1961). Även pressverket lämnar sitt avtryck genom pressringen som ger sin unika relief inom etikettområdet, och oftast även med initialer på etiketten och/eller en symbol i det döda vaxet, exvis  indikerar en winchester, dvs **Capitol Records Winchester Virginia**, och PR står för **Presswell Records Manufacturing Ancora New Jersey**.

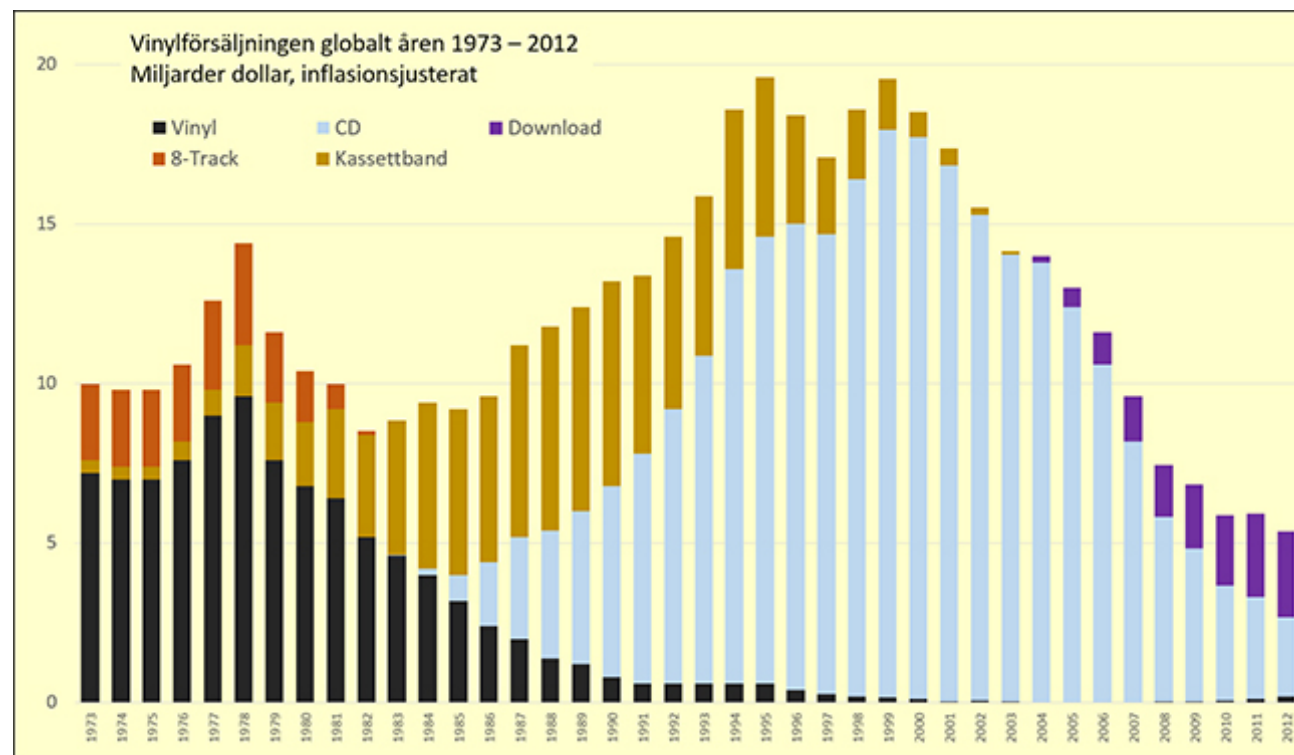
Nu kommer det viktiga som kanske alla fattar intuitivt, men som enligt vår mening aldrig uttalas; Trots att skivbolagens ändringar av layout följde sina årtal, och inspelningar och återutgåvor såklart följde sina egna årtal, så kan man ofta mycket snabbt härleda vilken utgåva man får i sin hand. För att fortsätta med exemplet Decca så har dessa kommit att kallas ED1 - ED5, där ED1 (*English Dark One*) är den tidigaste. Men om en inspelning gjordes 1980 så blev ju den ED5. Det finns ingen tidigare! Det som är underförstått är att de utgåvor som är intressanta är i första hand de som spelades in före 1963 (katalognummer från SXL2000-serien). Dessa finns i utgåvor från ED1 - ED5, där ED1 är mest eftertraktad, speciellt med de första stampers. Det kokar i praktiken ner till att bolag som **Decca, Columbia, EMI** vid denna tiden hade inspelningsledare, mastringsingenjörer och teknisk utrustning (mickar, bandspelare, redigeringsutrustning, skärmaskiner etc) som var helt outstanding, och det gör dessa utgåvor unika. Som tur är så är denna *kodning* helt olika mellan varje skivbolag 😊 och den varierar även mellan länder och över tid. Man kan på ett sätt se detta som rent frimärkssamlande, men har man hört skillnaderna mellan ED1 och ED5 så inser man att det är betydligt mer än så. De klangmässiga skillnaderna kan vara ytterst påtagliga.

Sedan 80-talet finns det både streckkod och distributionskod på omslaget, men den säger inte mycket om innehållet. Tendensen är att utgivning av LP blivit mer och mer global, med världsdelar (Europa, USA, Asien) snarare än länder som det var på 50-70-talet. Men, för att få en komplett härledning är det ett mindre detektivarbete att säkerställa utgivningsår, utgivningsland och vilken i ordningen av batchar som en LP har kommit från. En sammanvägning av grafik och kännetecknen på etikett, omslag och inner med matrisnummer, stamper, rättighetskoder, skattekoder och tillverkningsinfo är de ledtrådar man har. Original är det som överlag är lättast att härleda. Återpressar och återutgåvor är svårare. Varför är det så? Ja, helt enkelt för att det är originalen som samlare och kännare har tagit sig tid att kartlägga och nedteckna. Vi har synnerliga skäl att inte tacka skivindustrin för någon som helst hjälp i kartläggningen av utgåvor.

Skivsamlande, labelography, dead wax archeology, förstapressar, felpressar, testpressar, promos, white labels osv är ett mycket stort samlarområde. Rariteter är mycket eftertraktade och det pågår ständigt omfattande handel med LP och singlar som säljs för uppåt 5, 10 och även 20 kSEK. **Wu-Tang Clan's** LP "Once Upon a Time in Shaolin" såldes 2015 för 2 miljoner USD! Vi går inte vidare in på detta här, det får bli en annan tråd 😊

Försäljningsstatistik

Försäljning av vinyl har minskat drastiskt sedan slutet på 70-talet. Kassetbanden blev den stora konkurrenten från sent 70-tal, därefter cd-skivan som verkligen boostade skivförsäljning allmänt fram till sekelskiftet. Därefter avtog köp av musik generellt, och det är först 8-10 år sedan som nedladdningstjänster började få en betydande marknad. Det har skrivits otaliga artiklar om vinylens återkomst och stegrande försäljningssiffror. Men ser man det i ett längre perspektiv så är nivåerna fortsatt mycket låga.



Data från RIAA

Även om LP-försäljningens andel av totalen är liten så är det ingen liten industri. Enligt IFPI (*International Federation of the Phonographic Industry*) rapport omsatte vinylindustrin 2014 hela 346,8 miljoner USD, alltså nästan 3 miljarder kronor. Det är ingen liten summa. Observera då att dessa siffror är inrapporterade enbart från medlemmar i IFPI. Det finns fristående bolag också. Än viktigare är att siffrorna inte inkluderar den vinyl som säljs genom Ebay, Amazon, Discogs med flera nätbutiker samt försäljning av begagnad vinyl på skivmässor och i butiker. Den verkliga omsättningen är betydligt större än den IFPI redovisar. Glädjande är också att utvecklingen är global vilket framgår av följande tabell från IFPI.

Rank	Marknad	2013	2014	2014 % ÄNDRING
1	USA	119	182	+53
2	Tyskland	26	34	+33
3	UK	20	32	+60
4	Japan	9	16	+81
5	Holland	9	14	+50
6	Frankrike	9	12	+39
7	Kanada	7	9	+32
8	Italien	4	6	+77
9	Australien	3	6	+127
10	Sverige	2	4	+60
	Övriga länder	16	32	+200
	Totalt	224	347	+55

Vinylförsäljning 2014 miljoner USD. Källa: IFPI

Utvecklingen har fortsatt stora tillväxttal. Uppskattningar från en del amerikanska bedömare skattar att den totala vinylförsäljningen (inklusive begagnad vinyl och försäljning utanför IFPI's kontroll) under 2016 hamnar kring 10-13 miljarder USD. Oavsett om detta stämmer eller inte så talar vi om en betydande försäljning och en fortsatt kraftig utveckling. Det märks också på tillverkare av hårdvara vars satsningar förutsätter både volym och en i övrigt fungerande marknad av mjukvaran.

Begagnad vinyl

Sedan slutet av 00-talet började utbudet av nyskriven musik som ges ut på LP återhämta sig, och den musik som idag ges ut som fysiskt media kommer vanligtvis även på LP. Även om inspelning och mixning (sedan mitten av 80-talet) i första hand sker digitalt så tillverkas en analog master. Men, det riktigt stora utbudet av vinyl är begagnade album och singlar från före digitalåldern. 50- och 60-talen var de vilda åren inom pop, rock och jazz. För jazzen började den perioden redan under 30-40-talen men då var det

stenkakorna som regerade. Ungdomarna frigjorde sig från föräldramakten som varit förhärskande tidigare. Musiken var en del i denna revolt vilken fick oerhörd genomslagskraft via skivförsäljning. Soul, R&B, Blues, Rock, Pop i alla sina former växte fram. Först via singlar och vid slutet av 50-talet blev även LP-skivan att räkna med. Plattorna var det medium som fanns vid sidan om konserterna. Radion var ännu rätt sparsam som musikförmedlare och den stod på "fel plats" i bostäderna. Den mobila transistorradiation hade ännu inte slagit igenom stort och den var dyr. Samma sak med bandspelare. Bärbart ljud fanns inte och skivutgivningen var relativt begränsad ändå. Skivspelare, tonarmar och pickuper var inga sofistikerade instrument. Kristallpickuper med nåltryck på 5-8 gram.



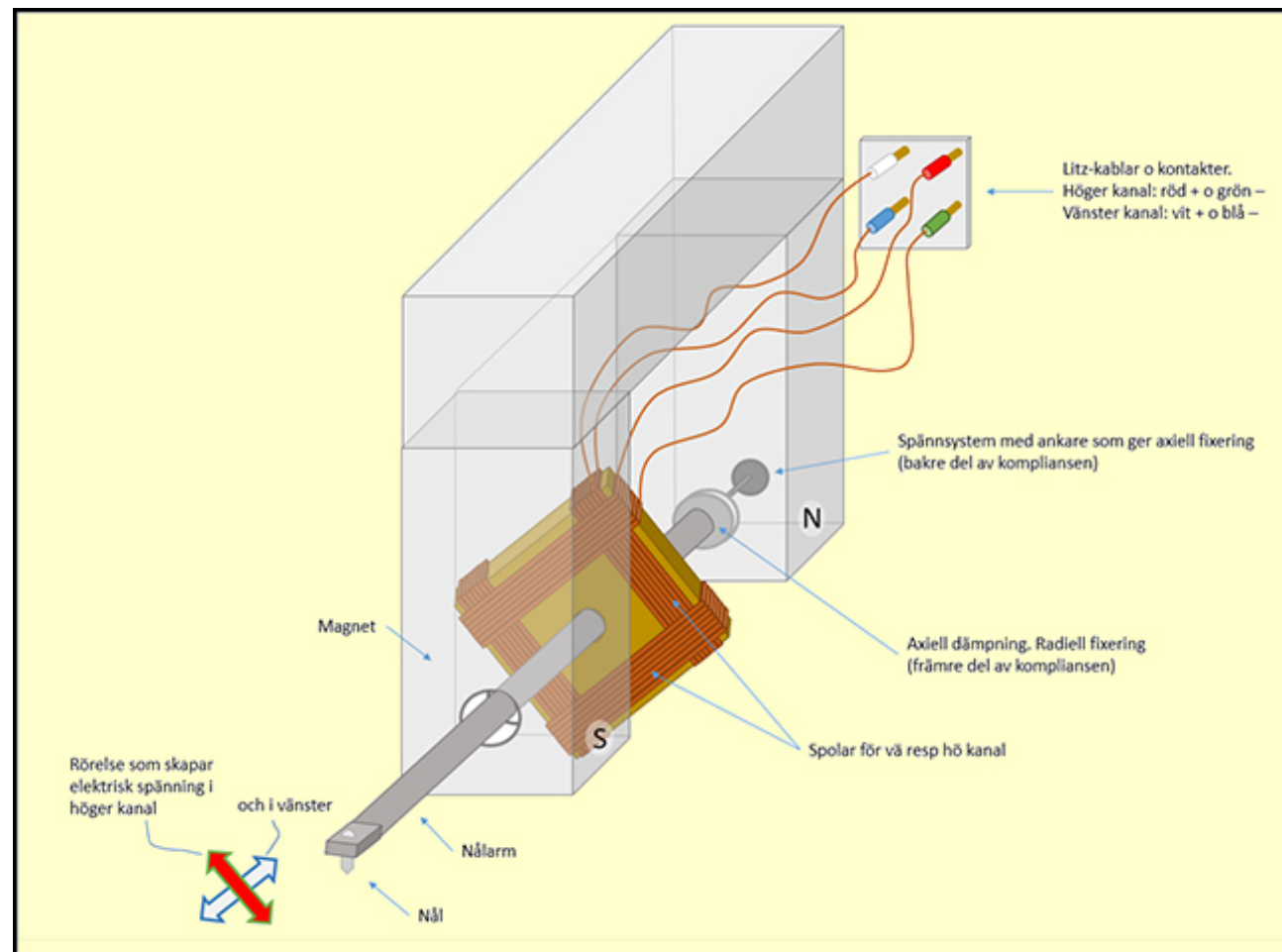
Skivor förvarades på golvet eller i travar på bord och i hyllor, och skivor spelades om och om igen och mer frekvent än idag. Det fanns ju inget annat sätt. Källa: beautiful-garbage

Så, när vi botaniserar bland begagnad vinyl från denna tid så är det inte så lätt att hitta välvårdade slitna exemplar och de välvårdade ex som finns kostar därefter. Det är skillnad på vinylsammansättningen och klassisk musik på Mercury har hård vinyl och väsnas mer men har fantastisk dynamik medan Deutsche Grammophon har mjuk vinyl så diskanten försvinner efter ett antal spelningar. Jazz på Columbia försämras snabbt med senare pressningar medan t ex Contemporary alltid låter bra. Under framför allt 70-talet växte andra media fram. Skivspelarna hade nu dynamiska pickuper och bättre balanserade armar. Människor lärde sig sköta sina album bättre och så vidare. Det såldes mer och på fler kontinenter. Utbudet för dagens begagnatköp har med andra ord ökat och skicket är oftast bättre än de från 50- och 60-talen. Det är generellt sett lättare att hitta välvårdad jazz och klassisk musik från 50-60-talen än pop och rock. Lite sus eller brus stör kanske inte men jack eller kraftiga och återkommande knäppar är irriterande.

Men, vad gäller klassisk musik har vi inte återsett bättre *hantverk* än de som tillverkades den korta perioden 1958-1963. Så det är ett återkommande dilemma om man vill spela slitna original, eller skaffa återutgåvor med sämre ljud eller om man vill bli ruinerad.

HUR FUNGERAR EN VINYLSKIVA?

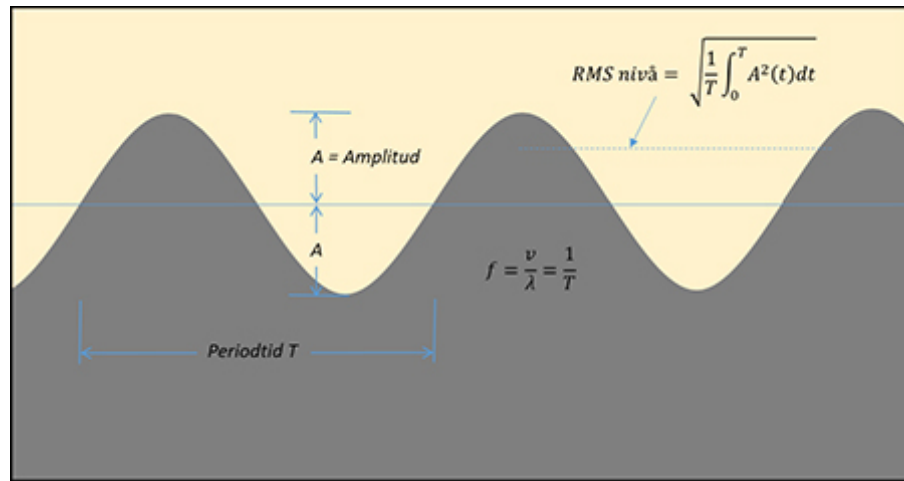
Olika typer av pickuper kommer beskrivas utförligare längre fram, men för att kunna fördjupa sig i vinylskivans funktion behöver man beskriva principerna för denna *avspelningsmikrofon*. Pickupens ansvar är att följa spåren i vinylskivan och omvandla (demodulera) de extremt små gupp som finns där till en elektrisk spänning. Det gör den med 250 MPa tryck vilket ger så hög friktion att temperaturen i anliggningsytan stiger till 250°C. Ett sådant tryck motsvarar sträckgränsen för vanligt konstruktionsstål. Med andra ord är det inget annat än skridskoåkning som sker i vinylspåren. Här är en schematisk bild av en MC-pickup (Moving Coil), som alltså har en spole som rörlig spänningsalstrare:



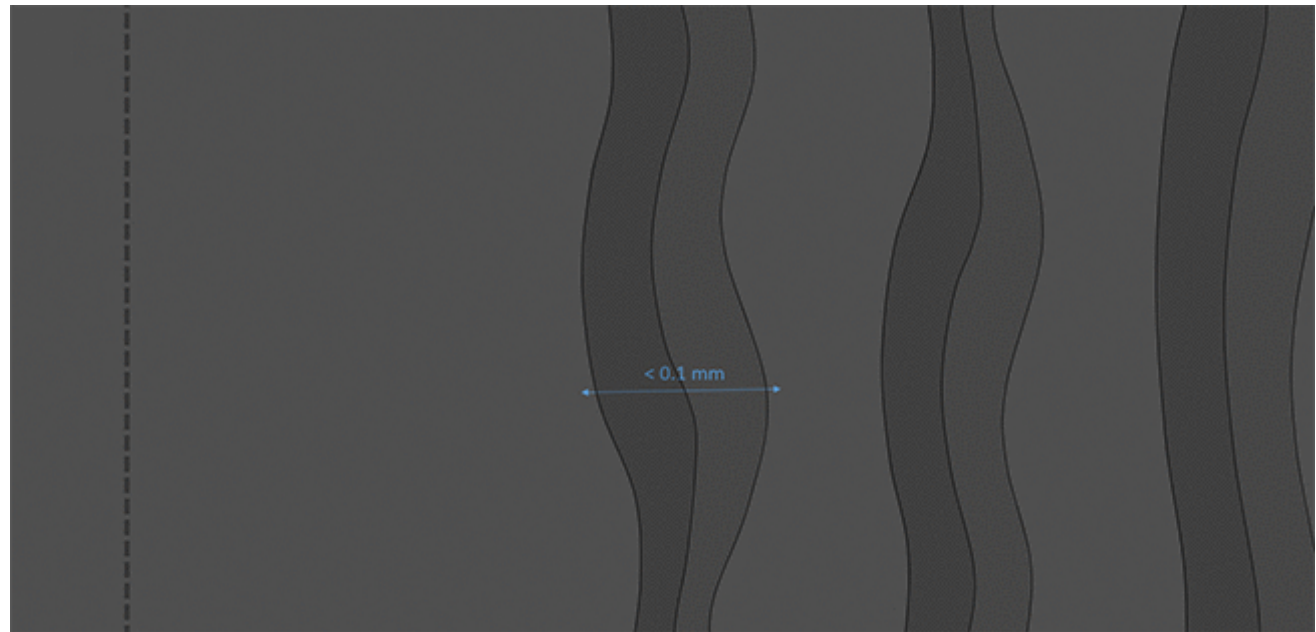
För MM (Moving Magnet) är principen densamma, men där är det magneten som sitter på nålarmen och spolarna sitter fast i huset. Frekvensomfånget ökar med djupare spår, så ju djupare spår desto mer bas kan man gravera. Ju större spåravstånd man har, desto högre nivå kan man utnyttja. Man har ca 450 m tillgängligt spår på en LP-sida.

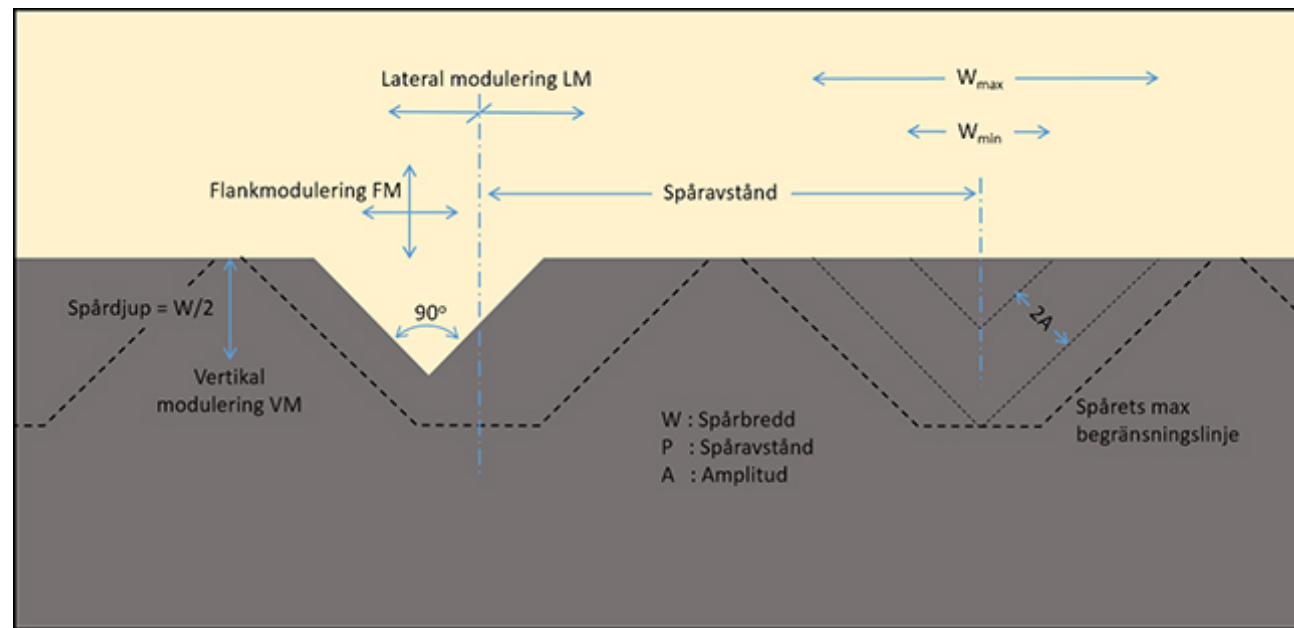
Spårets begränsningslinje och vinylmastern avgör hur man kan skära lacket. Varje inspelning ger sin optimering baserat på vilket format (EP, LP, 2xLP, 33/45 etc), musikens komplexitet, mixens ljudnivå, dynamikomfång, frekvensomfång och inspelningens längd. Ingenjören som skär lacket vill inte och ska inte mecka med mastern, han ska skära så "rakt" som möjligt så att lacket är en så exakt kopia av mastern som möjligt. För att en master ska bli bra för vinyl så bör mixen förberedas för detta. Om det gick att göra en optimal vinylmaster så skulle man till att börja med lämna headroom i mixen så att mastringsingenjören kan balansera hela mixen. Därefter inte använda begränsningsfilter (brickwall limiters) i mixen då de förstör dynamiken och skapar distorsion. Inte mixa hi-hats och cymbaler för högt, då detta triggat taket i högfrekvensbegränsare i elektroniken. Man skulle också centrera lågfrekvent ljud från trummor, bas och synthar, så att max skärdjup ligger hyfsat i mitten av "spårområdet". Viktigt också att kontrollera sibilanter i röster, de-essing kan behövas. Om det fungerar rent kompositionsmässigt bör de tyngsta och skramligaste spåren placeras i början av varje LP-sida och de med lägst dynamik och minst lågfrekvent signal i slutet. Hastigheten som nålen ser i början av en LP är 500 mm/sek, medan den är endast 200mm/s i innersta spåret, vilket innebär att upplösningen alltid är bättre i början än i slutet av en LP.

En ton graveras i princip med sin styrka (amplitud) och tonhöjd (frekvens) parallellt med spåret precis som den skulle se ut på ett oscilloskop:



Spåret på en vinylskiva moduleras lite olika om det är en mono eller en stereo-inspelning. Vid mono kommer nålen endast att röra sig i sidled och eftersom det vid mono endast gäller en kanal krävs det följaktligen bara en spole i graverhuvudet. Vid gravering i stereo moduleras det som är gemensamt för de båda kanalerna på samma sätt som i mono (sidorörelse), men skillnaderna genererar nålrörelser med 45° vinkel:





Geometri i vinylskivans spår

Enbart vertikal modulering (VM) följer signalens frekvens och amplitud i vertikalplanet med konstant spåravstånd. Denna gravering används inte längre. Enbart sidorörelser kallas lateral modulering (LM) och följer signalens frekvens och amplitud i horisontalplanet med konstant spårdjup. Denna gravering används bara vid monogravering. Flankmodulering (FM) följer signalens frekvens och amplitud genom att variera både spåravstånd och spårdjup. Om vänster och höger kanal är i fas, så skär verktyget enbart lateralt. Vid 180graders fasskillnad (vä och hö kanal i motfas) skär verktyget enbart vertikalt. Ju större fasskillnad desto mer vertikalmodulering, och ju mer mono desto mer lateralmodulering.

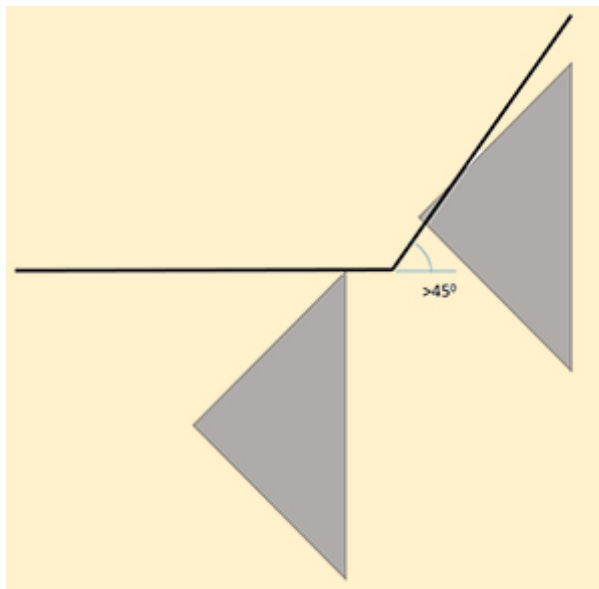
Eftersom bas kräver störst spåråta ($A = v/2\pi f$) så graverar man efter riaa-kurvan som sänker basen med 20dB och höjer diskanten med 20dB. Men, man kan också utnyttja spårutrymmet bättre genom att summera basen till mono, vilket ju innebär att man inte behöver skära så djupt och då kan öka lateral amplitud. Bas är ju inte så riktningssensitiv. Utrymmet på vinylskivan definieras alltså av spåravstånd och spårbredd. Eftersom man alltid skär 90° så är spårbredden dubbla spårdjupet. Amplituden utgörs av variation av spårdjup/spårbredd och max amplitud är en fjärdedel av skillnaden mellan max och min spårbredd. Frekvensområdet utgörs av summerade våglängder, dvs berg och dalar parallellt med spåret. Dynamikomfång begränsas av hur mycket spåret kan variera i sidled utan att maxamplituder slår i varandra mellan graverade varv. Noggranna val av spåravstånd och spårbredd avgör alltså både möjligt dynamik- och frekvensomfång kontra speltid, skärverktygets begränsningar och nålslipningars prestanda. Om man tex skulle minska spårbredden från 100µm till 60µm så kan man öka maxamplituden med +/-20µm.

Traditionellt har vinylmixen och -mastern baserats på magnetband, ½" rullband inspelade i 2 kanaler med 15 eller 30 ips (*inch/sec*). Idag är digitala filer i wav eller aif helt förhärskande. Normalt sett med 24-bitars djup och 96 kHz upplösning, men vanlig redbook förekommer också. Om det inte finns analoga band så föredras pcm och dsd av de namnkunniga tillverkarna.

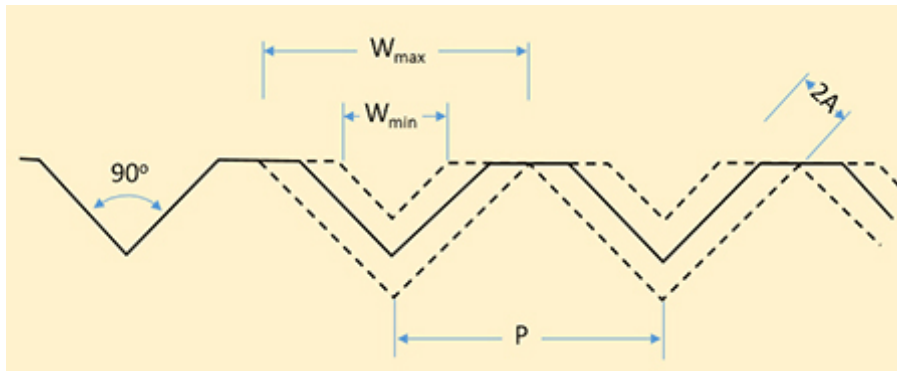
VINYLSKIVANS PRESTANDA

De flesta LP är mastrade för ett frekvensomfång om ca 20 - 20.000 Hz, med all bas under 100 Hz summerad till mono för att utnyttja spårutrymmet till dynamik. Den lägre gränzfrequensen är framför allt för att undvika att signalen blandar sig med ojämnheter i LPn, men även för att undvika tonarmsresonans som kan ligga vid 12 Hz. Den övre gränzfrequensen är ofta vid 18-20 kHz för att undvika överhettning av skärverktyget. Dynamikomfånget hos en LP kan vara upp till 80 dB, jämfört med 90-95 dB för CD. Trots det kan man ofta uppleva högre dynamik från LP. Det beror i stor utsträckning på den hårda komprimering som ofta görs på CD, vilket är mindre vanligt på vinyl. Hur som helst, LP-skivors skick och delkomponenternas prestanda har normalt större inverkan än formatets teoretiska begränsningar. *Specarna* för LP har antagligen inte ställts för snävt.

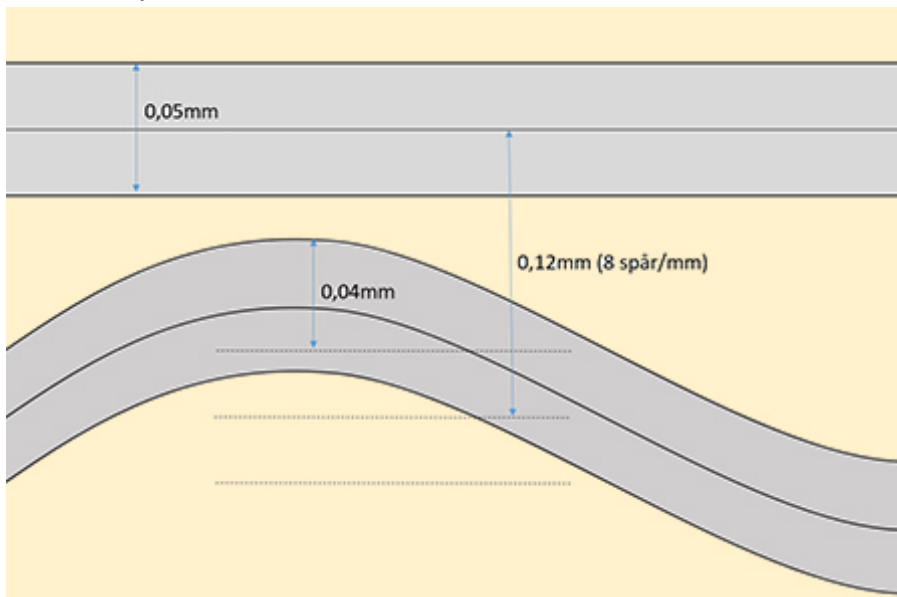
Dynamikomfång för formatet vinyl är helt kopplat till spårhastigheten. Spårhastigheten begränsas av olika fenomen i olika register. En första fundamental begränsning är att inspelad hastighet inte kan vara större än spårhastigheten. Detta beror på att moduleringen då blir för brant, så brant att skärverktyget slår i sin egen skärning och alltså förstör det spår som den nyss har skurit, sk *slope overload*. Man kan således inte modulera brantare än 45° och hastigheten måste vara $v < 2\pi fA$.



En andra begränsning hänger ihop med amplituden A , som är helt kopplad till val av spåravstånd P och spårvidd W :

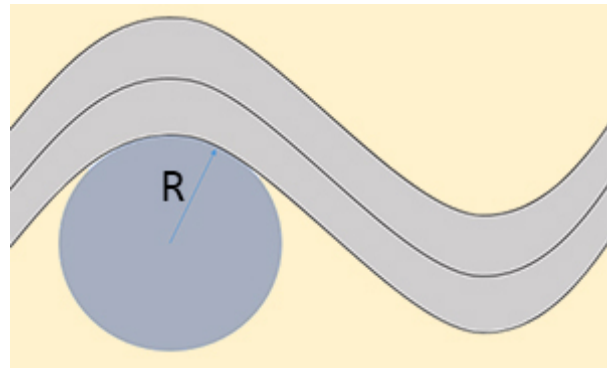


Som exempel:

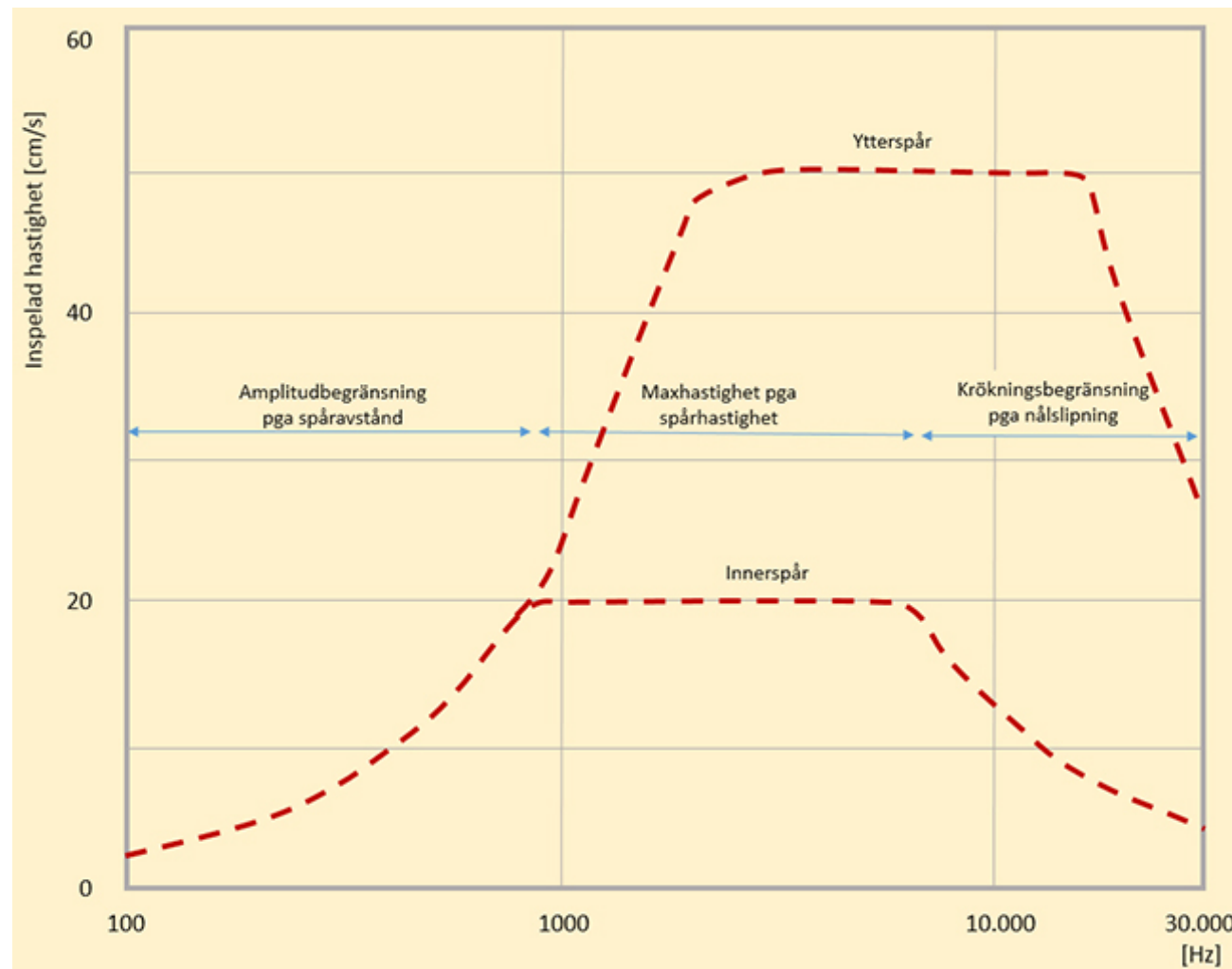


Max modulering av ett spår är i detta exempel $40\mu\text{m}$, vilket ger $80\mu\text{m}$ peak-peak. Om spårets råhet skulle antas vara 25nm så skulle man få ett dynamikomfång på ca 70dB ($20\log(80000/25)$). Om man ökar spåravståndet, spårvidden och/eller letar upp ännu bättre vinyllakor, kan amplituden ökas och således hastigheten. Om amplituden inte anpassas efter detta i graveringen så kommer såklart intilliggande spår att skära i varandra, sk *displacement overload*. Spårbredden W_{max} kan alltså inte göras större än spåravståndet P . Amplituden blir då $A_{max} = \frac{1}{4\sqrt{2}}(P - W_{min})$. För minsta spårbredd $W_{min}=0.025\text{mm}$ (praxis) så blir max inspelad hastighet för sinusformad modulering $v = 1.11f(P - 0.025)$ [mm/s], där f är modulerad frekvens och P är spåravstånd [mm].

En tredje faktor är nålens förmåga att läsa spåret och därför hela tiden ha kontakt med spårväggarna längs samma kurvatur som graveringen för att inte skapa sk *curvature overload*. Nålens radie måste då såklart vara snävare än moduleringsens krökningsradie, vilket ger $v = \frac{v_{spår}^2}{2\pi f R}$ där $v_{spår}$ är aktuell spårhastighet och R är nålens radie. I graveringskretsar 😊 kallar man denna maximala kurvatur för *the kissing circle*.

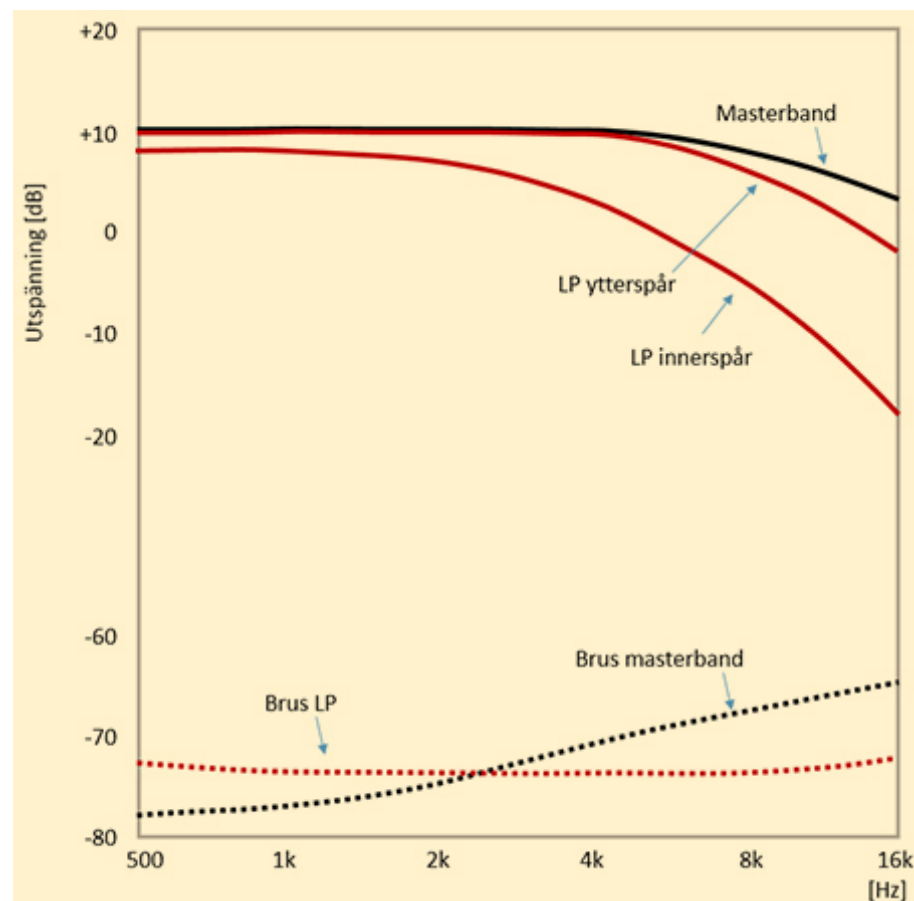


I följande figur visas en beräknad sammanfattning av dessa hastighetsbegränsningar som alltså slår in för olika register. Diagrammet är baserat på LP och nålslipning <math>< 5 \mu\text{m}</math>. I basen måste man alltså begränsa amplitud för att få in tillräckligt med speltid, och begränsning av amplitud ger begränsning av hastighet. I toppen måste man begränsa krökningsradien i moduleringen eftersom denna inte kan vara mindre än nålslipningens radie, och krökningsradien är direkt kopplad till inspelad hastighet. Däremellan begränsar att inspelad hastighet inte kan vara större än spårhastigheten, eftersom skärverktyget då skulle skära sönder sitt egen spår med bakänden på verktyget.



Max inspelad hastighet för god vinylkvalitet. Sammansatt figur baserad på flera olika källor: *Reproduction from records Langford-Smith; pspatialaudio.com; Shure; Optimizing the Dynamic Characteristics of a Phonograph Pickup. April 1966 Anderson, C. Roger; Kogen, James H.; Samson, Robert S.*

Ytterligare en faktor brukar begränsa inspelningshastighet och det är acceleration. Max acceleration för en nål i spåret är 26 km/s^2 . Nej, vi skrev rätt - 2700 G !!! Detta är också en geometrisk begränsning och mastringsingenjörer brukar använda accelerationsbegränsare i skärverktyget. Sibilanter i röster är ett typiskt exempel på för hög acceleration. Dynamikomfång då? Ja, nålens hastighet genererar en utspänning u [V], och max hastighet för olika frekvenser bestäms av pickupens känslighet, så att $u = Sv$, där S är känslighet som varierar från $40 \mu\text{V/cm/s}$ till 1.0 mV/cm/s för olika pickuper (stort spann alltså). Dynamikomfång kan beräknas eller mätas som skillnaden mellan max utspänning (mättad signal) och brusnivå. Följande är en illustration av max dynamikomfång för en kommersiell LP baserad på inspelning och mastring från magnetband:



Mättad signal och 1/3-oktav bruspektra. Svarta kurvor är 4:e generationens masterband med NAB eq (Ampex DPN9382 15ips). Röda kurvor är LP-press med max utspänning vid resp frekvens baserad på geometriska begränsningar. Källa: *Master-Tape Equalization Revisited*. Maj 1972 McKnight, John G.; Hille, Peter F.

Burkhard-Vogel beräknar A-vägda signalbrusvärden till mellan 71-74 dB(A) (källa: *The Sound Of Silence: Lowest-Noise RIAA Phono-Amps: Designer's Guide*) och Teldec hävdar att de förbättrade DMM-processen på 80-talet genom att "polera" ytan med en överlagrad 80 kHz-signal som sänkte brusnivån ytterligare.

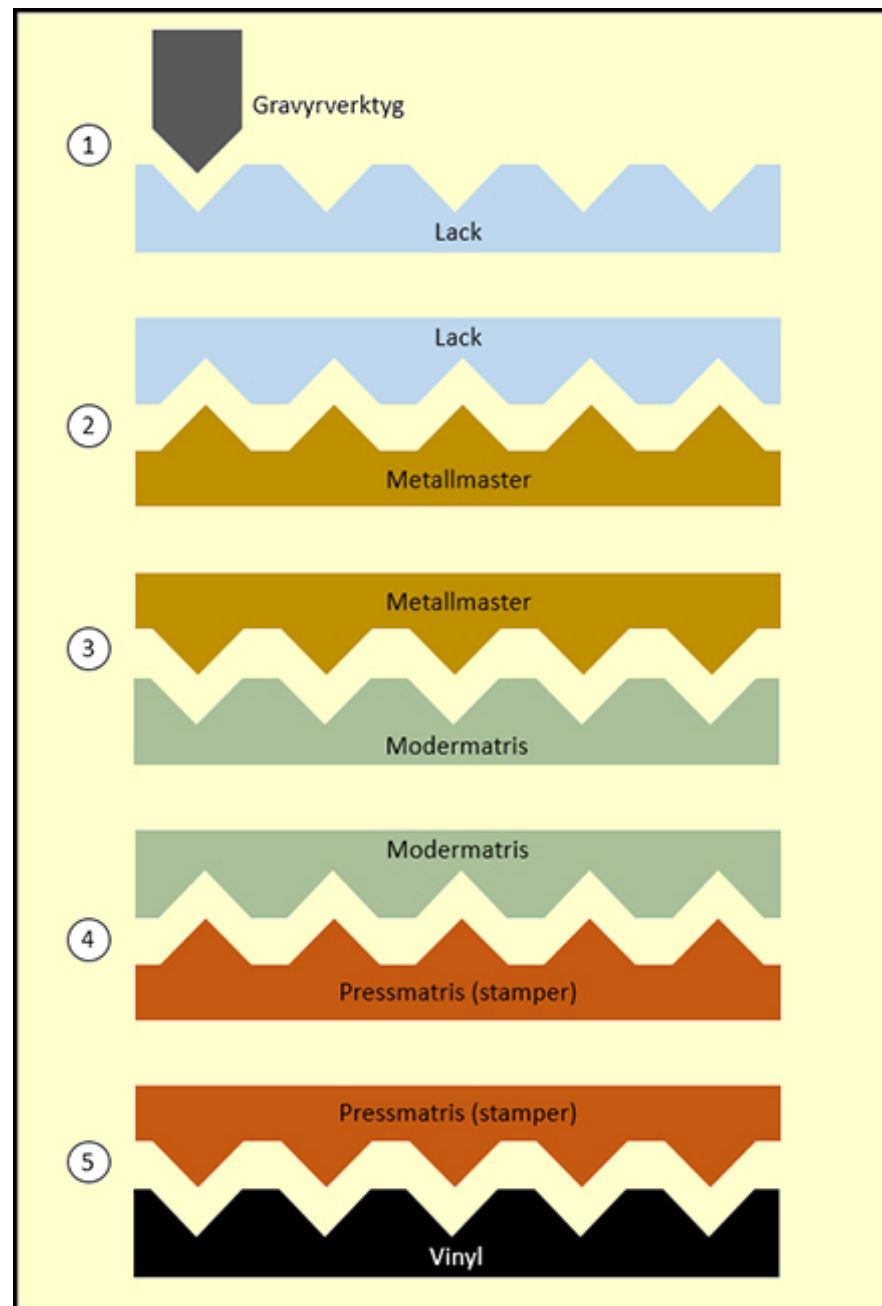
Bedömning av skivors skick är en hyfsat stringent nomenklatur. Om en säljare säger att en LP är excellent, så är det ok om den visar spår av att ha blivit spelad, men den får inte visa försämrade ljudkvalitet osv. Amerikanska **Goldmine** och engelska **Rare Record Price Guide** är de två institutioner som satt nomenklaturen. Dessa två graderingsstandarder är mycket väl förankrade hos vana säljare och köpare. De är lika, men inte identiska. När amerikanen säger Near Mint så säger engelsmannen Excellent. Jänkarna lägger även gärna till "+" och "-" för mellanliggande gradering. VG+ har länge varit en vanlig bedömning på äldre album i bra skick, eftersom NM är oerhört tufft.

Goldmines gradering: <https://www.discogs.com/help/doc/mp-grading>

RRPGs gradering: <http://rarerecordpriceguide.com/condition-rating>

PROCESS FÖR VINYL TILLVERKNING

Audiosignalen från vinylmastern skärs i ett lack (även kallat acetat). Man skär med en [skärmaskin](#), en [förstärkare](#) och ett [skärhuvud](#), där förstärkaren modulerar koordinater till skärmaskinen ungefär som på en cnc-fräs. Lacket (masterlack/lacquer/master lacquer) används för att tillverka metallmasters (fader/father), som idag är en aluminiumdisk som täcks med bomullskrut. Från denna pressas ett antal modermatriser (moder/mother), och från varje moder kan ett hundratal pressmatriser tillverkas. En pressmatris (stamper) används för tillverkning av uppåt 1000 vinylskivor innan den anses för sliten. Acetat används även som testpress eller så kallad dubplate, normalt sett för att bandet/artisten och producenten ska kunna utvärdera slutresultatet innan man tillverkar pressmatriser.



Process för tillverkning av lack, metallmatrix, moder, pressmatrix och slutligen vinylskiva.

Vinylblandningen tillverkas av pvc-pellets som hettas upp och formas till kakor med ungefär samma storlek som etiketterna. Dessa vinylpuckar läggs sedan mellan pressmatrixerna för sida 1 och 2, och med etiketter som en slags hamburgerbröd. Kakan pressas med 100 tons tryck vid 160°C. När den har kallnat skär man till kanterna och LPn är klar!



Vinylkaka precis innan den får 100 tons tryck på sig. Foto: gzvinyl.com

Direct Metal Mastering (DMM) är en speciell teknik där man hoppar över flera av ovanstående steg. Man graverar direkt i en kopparplåt, och kan på så vis skippa två steg. Vinylskivor slits och är känsliga för mekanisk åverkan, men tåler trots allt omild hantering förvånansvärt bra. En del oegentligheter kommer från tillverkningen. Ett stearat används som släppmedel och blandas med vinylmassan innan pressning. Det flyter vid en lägre temperatur än vinyl vilket gör att skivan släpper lättare från stampen när den kyls ner. Rester från släppmedel bör tvättas bort så man slipper lyssna på det och att det hamnar på nålen. Så kallad *non-fill* ger ett skrapande, svischande ljud, oftast i ena kanalen varje varv och oftast i början på en LP. Det är ett pressningsproblem som kan inträffa vid fel temperatur eller fel tid för varje cykel när vinylkakan ska fylla ut jämnt hela vägen. Det är en konst att få alla parametrar korrekt här eftersom de varierar under en batch och beror av den aktuella vinylmassans egenskaper. Ungefär som när man lagar pannkakor, de första brukar bli lite dassiga. De första av Virgins UK-original av Mike Oldfields Tubular Bells och The Faust Tapes är ökända exempel.

Modulering

Djup och läge i sidled som gravernålen skär ger således all nödvändig information, eller? Detta är ytterst förbryllande. Hur kan en så komplex sammansättning som musik överhuvud taget moduleras med ett enda värde? Förvisso ett per kanal, men ändå. I varje punkt finns ju egentligen endast en spänning, exvis 0.12345 mV. Hur kan detta i varje infinitesimal tidsenhet beskriva denna ytterst komplexa blandning av cymbaler, oboer, trumpeter, sångare, nivå, djup, övertoner, utklingning och allt möjligt annat som kan finnas i en inspelning?

Hur kan jag bara när jag hör ett enkelt anslag höra att det är Clapton, Knopfler eller SRV? Hur kan 0.12345 mV från Louis Armstrongs trumpet skiljas från 0.12345 mV från "F" i diLevas "Fiskarna Simmar I Vattnet"?

Svaret finns i att förutom **amplituden** (exvis 0.12345 mV), så jämförs också föregående och efterföljande värde, dvs pickupen läser (ovetande) av en **hastighet** och en **riktning**. När signalerna summeras får man de komplexa vågformer som vi kallar musik.

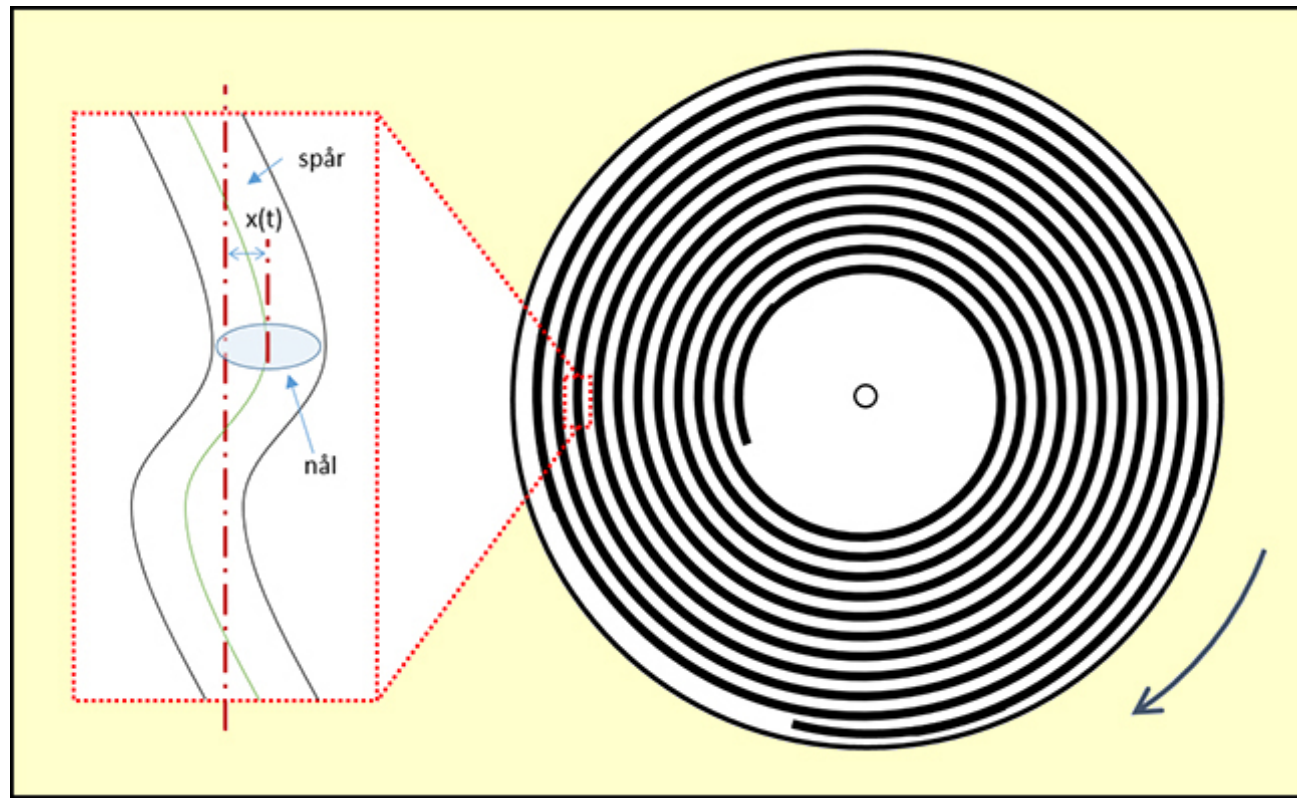
En pickup är alltså inget mer än en enkel **dynamo**. Om u [V] är den inducerade spänningen, Φ [Weber = Vs] är det magnetiska flödet och n antalet lindningar på spolen, så gäller Faraday's induktionslag:

$$u = -n * \frac{d\Phi}{dt}, \text{ dvs spänningen är flödesändringen per tidsenhet för varje varv på spolen multiplicerat med antal varv.}$$

Det magnetiska flödet är produkten av den magnetiska flödestätheten B [Tesla=Wb/m²=Vs/m²] och lindningstrådens tvärsnittsarea A [m²];

$$\Phi = B * A$$

För enkelhets skull antar vi att en mono-LP och att ett omodulerat spår ger nålen en konstant hastighet $\frac{dr}{dt}$ mot centrumpinnen.



Om vi kallar avvikelser från det omodulerade spåret för $x(t)$, så kan nålens radiella hastighet $v(t)$ skrivas:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} + \frac{dr}{dt}$$

Utspänningen som alltså genereras av nålrörelser i spåret kan uttryckas:

$$u = S * \frac{dx(t)}{dt} \quad (\text{den konstanta hastigheten skapar ingen spänning, så } dr/dt \text{ kan utgå})$$

där S är pickupens känslighet, normalt ligger det i spannet 0.04-1.0 mV/cm/s. Skivindustrin har satt en standard maxhastighet 5 cm/s för en 1 kHz-ton som nominell referensnivå 0 dB, vilket alltså ger pickuper med max utspänning i spannet 0.2-5.0 mV.

Hur bra man än lyckas tillverka en pickup så kan den inte klara av att spåra hur stora nivåer som helst. När accelerationen som spåret ger nålen blir för stor kommer den antingen förlora kontakten med spårväggen eller jacka ur och skada vinylen. Och även om nålen skulle kunna bibehålla sin spårkontakt kommer utspänningen i generatorn mättas. Över en viss nivå kan en pickup inte återge spårmodulering. Dessa elektromekaniska problem utgör alltså begränsningarna för max signalnivå och ändringshastighet av signalnivån.



Bild: Underground-HipHop

Denna elektriska signal som genereras i pickupen är ju RIAA-modulerad, och vad det innebär återkommer vi till...

Peo

Posted September 24, 2016

#4



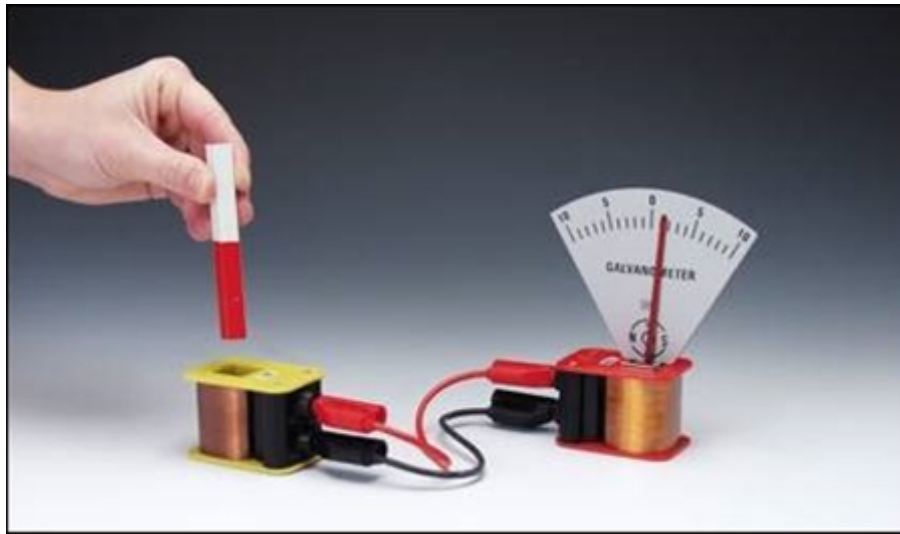
Artikelgruppen

+ 346

652 posts

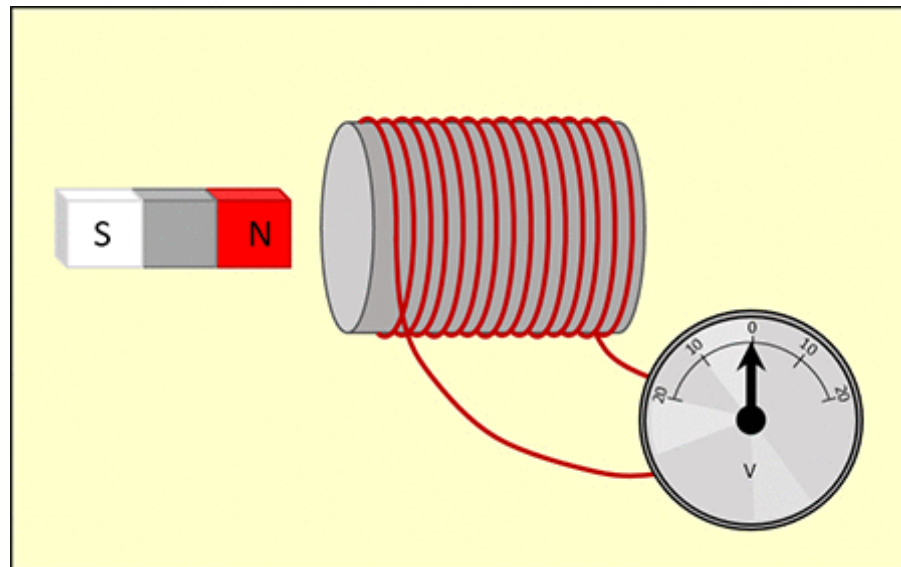
3. Pickupen

Vi har inget riktigt etablerat svenskt namn på *pickup* [pickupen, pickuper]. I tidiga skrifter användes *nålmikrofon*, vilket egentligen är ett förbaskat bra namn, men som har liten spridning idag. Pickupen är en sinnrik liten mackapär som omvandlar svängningarna i skivans graverade spår till elektriska signaler. Principen är som vilken generator som helst, t.ex. en cykeldynamo och allt bygger på *Faradays Law of Induction*. Om en magnet rör sig i en spole induceras en spänning, riktningen på magneten avgör polariteten och hastigheten avgör amplituden. Kommer ni ihåg den här från skolan?



Källa: shop.alega.se

Det är en galvanometer och visarinstrumentet kommer att göra utslag åt det ena hållet när magneten förs in i spolen och på det andra hållet när den dras ut. Hastigheten med vilken magneten förflyttas avgör hur stort utslaget blir. Denna animation åskådliggör kanske fenomenet bättre:

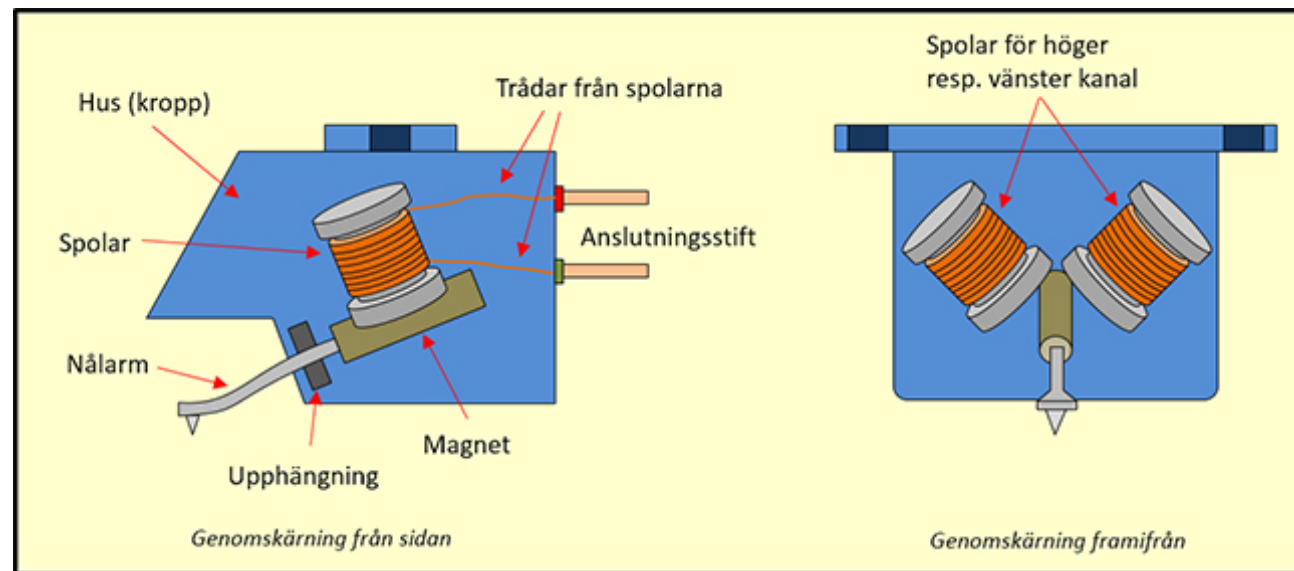


En magnet som rör sig i förhållande till en spole skapar en spänning. Observera att när magneten stannar inne i spolen blir utslaget noll.

Det finns olika typer av pickuper, t.ex. Moving Magnet (MM), Moving Iron (MI), Moving Coil (MC) och här visar vi en generell och förenklad beskrivning av uppbyggnad och arbetssätt hos några av dem.

MM-PICKUPEN

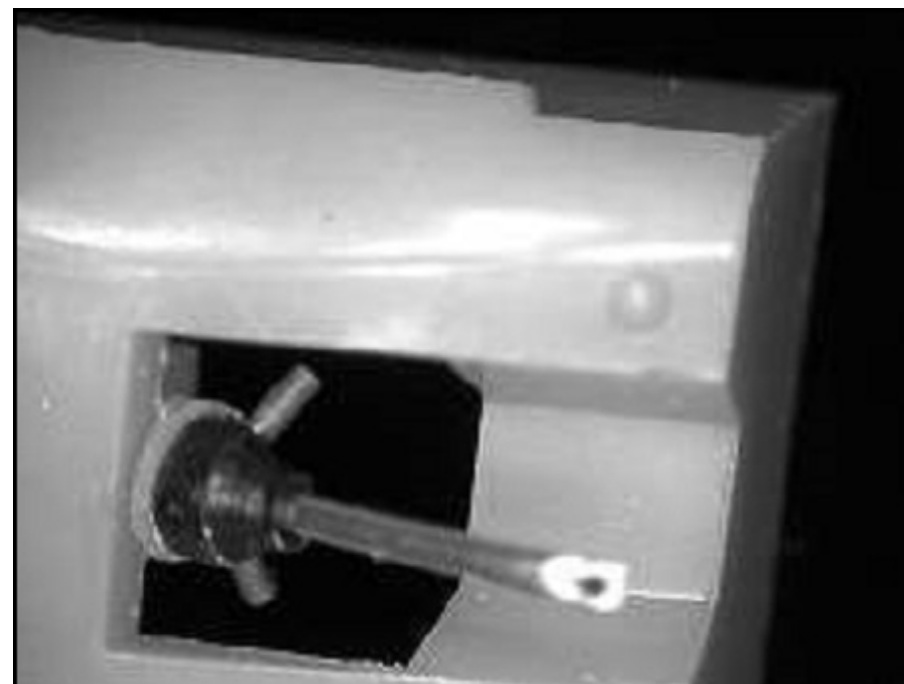
MM-pickupen bygger på att en magnet fastsatt på nålarmen inducerar en spänning i en eller flera fasta spolar.



Nålarmen är oftast utformad som ett rör och lagrad/upphängd i en gummiliknande bussning som medger rörelse åt alla håll. Magnetens styrka och nålarmens bakända kommer då att röra sig proportionellt mot skivans gravering och inducera en spänning i spolarna. Upphängningens styvhet och nålarmens längd kommer att avgöra vilken kompliance (fjädring) pick-upen får. De olika tillverkarna testar med olika proportioner av utväxling genom att ändra förhållandet av hur lång del av nålarmen som befinner sig utanför upphängningen respektive innanför. Vissa modeller har extremt korta nålarmar och andra har betydligt längre.

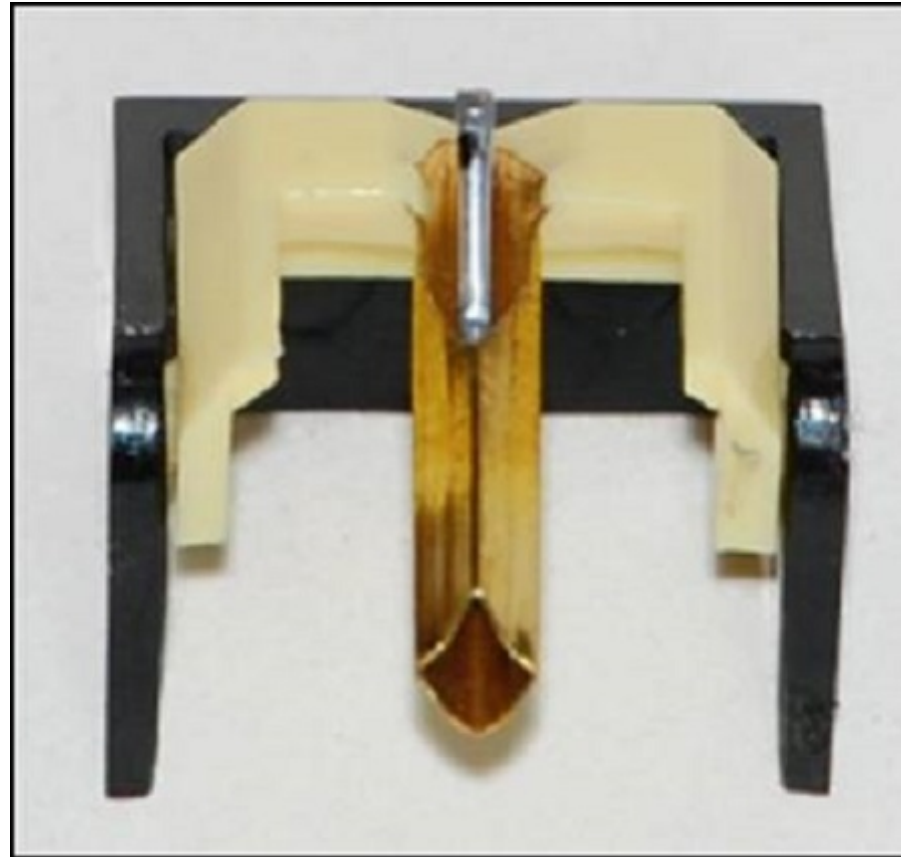
MM-pick-upen har en förhållandevis enkel uppbyggnad, men kan ändå förändras i all oändlighet. Olika material till nålarmen, dess längd, spolarnas uppbyggnad, magnetens material och styrka, upphängningens beskaffenhet, pick-upens inre geometri och inte minst nålslipningen är några av de parametrar som påverkar slutresultatet. Ett av problemen som tillverkarna brottas med är att hitta rätt avvägning mellan magnetens styrka och antalet varv hos lindningarna. En liten och lätt magnet medger en snabbare acceleration och retardation av nålen, men ju svagare magnetfält desto lägre signal får vi ut från spolarna. Den minskade utsignalen går att kompensera med fler varv på spolarna, men i sin tur ger det både högre internimpedans och högre induktans. Problemet med dessa parametrar kommer vi till lite senare.

Magnetens massa och därmed också nålens (nålspets + nålarm + magnet) totala massa har alltid varit MM-pick-upens akilleshäla, en hög massa är svår att sätta fart på och kan göra att pick-upen får svårt att "hånga med i svängarna" vid högt utstyrda passager och vid höga frekvenser men även få svårt med att detektera de absolut minsta rörelserna i spåret. **Audio Technica** har en smart lösning på sin **AT95**. Istället för en stor magnet har man monterat två små som är riktade mot spolarna. Ingen extra dödvikt och en lösning som ger pick-upen bra prestanda/pris.



Audio Technica AT-95 Källa: richardbrice.net

De flesta MM-pickuper har en löstagbar och utbytbar nål som sitter i en hållare.



I det fyrkantiga mässingsröret sitter upphängning och magnet.

Det finns också tillverkare som tillhandahåller olika nålslipningar till ett och samma pickuphus.



Källa: Ett kollage av bilder från ortofon.com

I Ortofons OM-serie kan man till en och samma pickup välja mellan flera olika nålar. Från den enklaste 05:an med elliptisk slipning till OM40 som har en avancerad nålslipning av modell **Fritz Gyger FG70**. Det finns även nålar för 78-varvare och en specialare för DJ's.

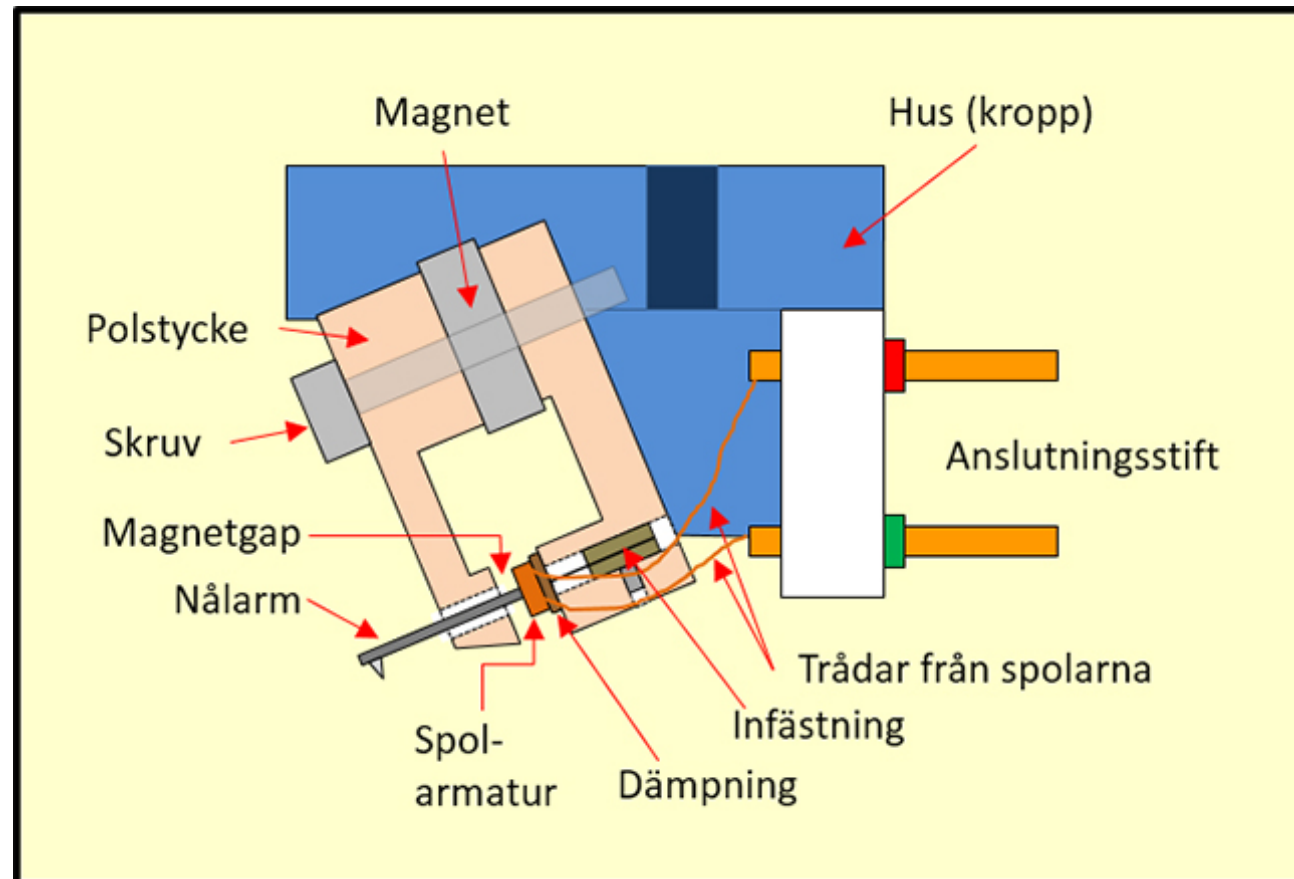
MI-PICKUPEN

MI kan jämföras med en vanlig MM med den lilla skillnaden att magneten också sitter fast i huset och att det i änden av nålarmen sitter en liten järnbit istället som påverkar magnetfältet. Det är inget banbrytande, snarare bara en MM med servo. Decca har en variant med en vertikal och en lateral magnet och spole. Den är varken MM eller MC, snarare en variant av MI med "järnet" monterat väldigt nära nålspetsen. Det finns fler "udda" byggen under historiens gång, t.ex. **Micro-Acoustic's** kondensator-pickup som krävde egen spänningsmatning (fantom-matning).

MC-PICKUPEN

MC-pickupen bygger på samma fysiska principer som MM-pickupen gör. Man har bara vänt på steken. I stället för en magnet som rör sig vid en spole har man en spole som rör sig i ett magnetfält (Moving Coil). Konstruktionen är betydligt mer komplicerad och därför dyrare att tillverka. Magnet-gapet där spolarna sitter är väldigt litet och därför måste man göra spolarna extremt små och med tunn tråd.

Det finns både för- och nackdelar med den här principen. En av de största fördelarna är att det går att göra den rörliga massan väldigt låg. Spolarna som sitter på nålarmen är betydligt lättare än motsvarande magnet i en MM-pickup och det gör att nålens acceleration och retardation sker med högre precision vilket i sin tur gör att pickupen kan gräva fram mer detaljer ur spåret. Eftersom spolarna sitter monterade på nålarmen och är anslutna till kontaktstiften på pickuphuset kan man inte byta nålen lika lätt som på en MM-pickup. Det är definitivt inget man gör själv. De flesta tillverkare erbjuder utbyte av hela innanmätet inklusive nål/nålarm till i storleksordningen 70% av nypriset. Andra erbjuder omtipning av själva nålen vilket är billigare men lite mer äventyrligt då även upphängning/dämpning slits och åldras över tid.



Bilden ovan visar uppbyggnaden av en traditionell MC-pickup. Det finns andra sätt att bygga dem på, men principen är oftast densamma. I det blå huset eller kroppen sitter en kraftig magnet med sitt polstycke (en förlängning av magneten) monterad. I nederkant av främre polstycket finns ett hål där nålarmen tittar fram (det främre polstycket måste inte nödvändigtvis vara magnetiskt). På nålarmen sitter spolarna monterade i en s.k. armatur. Armaturen vilar mot en dämpning mot det bakre polstycket. I nålarmens förlängning finns en tunn tråd som spänns fast i infästningsankaret. Nålarmens längd, dämpningens beskaffenhet och hur hårt nålen spänts i sin infästning avgör pickupens komplians.



Närbild av armatur och dämpning på vad vi tror är en Benz.

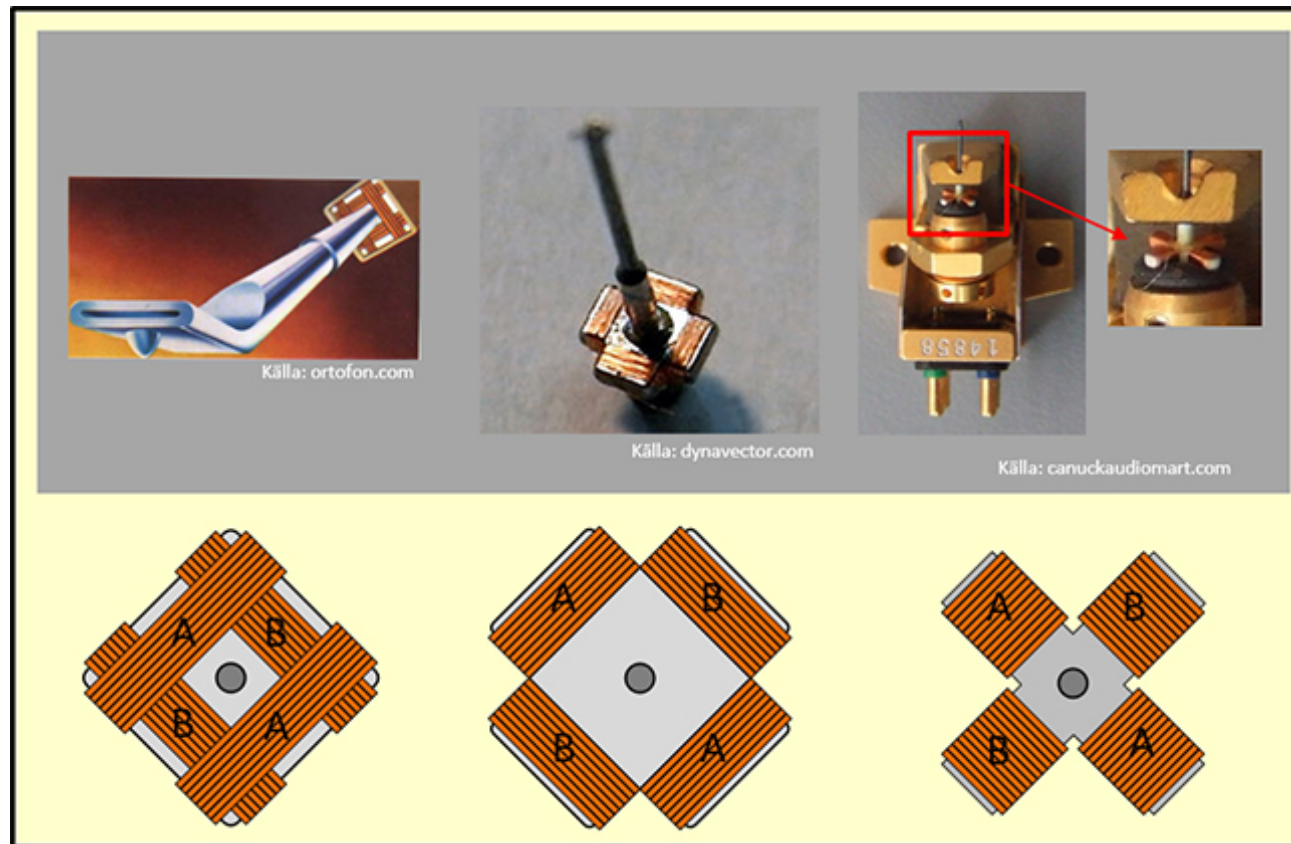
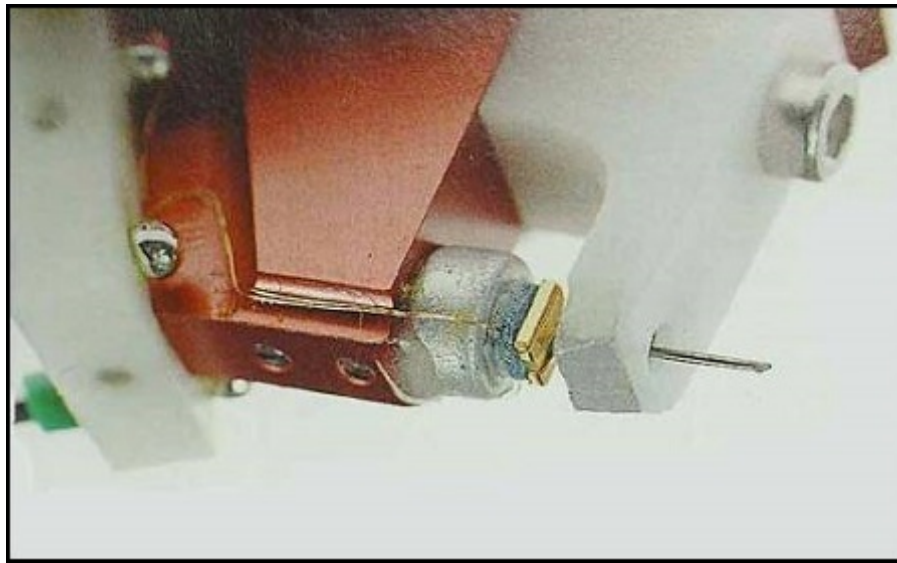


Bild på olika armaturer.

Alla tillverkare gör på sitt vis. Lyra lindar vissa modeller enligt den vänstra bilden. Bilden i mitten kommer från en **Dynavector** och **Benz** har lindat sin, **The Glider**, som på högra bilden. Varje spole består av två lindningar, A-lindningarna hänger ihop och bildar en spole tillsammans och så gör även B-lindningarna. A-spolarna är för den ena kanalen och B-spolarna för den andra.

Här är en närbild på en **Lyra Dorian Mono**-pickup.



Källa: classic-hifi.net

Man ser att det är en monopickup eftersom det bara finns en spole (det är två, men på samma håll) och att orienteringen av armaturen är vriden 45° i förhållande till en stereopickup eftersom man bara ska läsa av nålrörelser i sidled. Här ses även Lyrans dämpning bakom armaturen och de tunna trådarna från armaturen till anslutningsstiften. Skruvarna i botten är för att spänna och fixera målmontaget.

Det finns alltid de som gör på annorlunda sätt. Denna bild hittade vi på nätet men det är oklart vad det är för pickup.



Källa: classic-hifi.net

På grund av det minimala antalet varv på spolarna levererar en MC-pickup betydligt lägre utsignal än vad en MM-pickup gör och det krävs någon form av extra signalförstärkare (Step up) för att anpassa den till ett vanligt riaa-steg. Mer om detta lite senare. Det finns även tillverkare som gör s.k. *High Output* MC-pickuper som inte behöver någon extra Step Up.



Här är en variant av High Output från Sumiko. Källa: sumikoaudio.net

Utsignal: 2,5 mV. Rek. last: 47 kohm

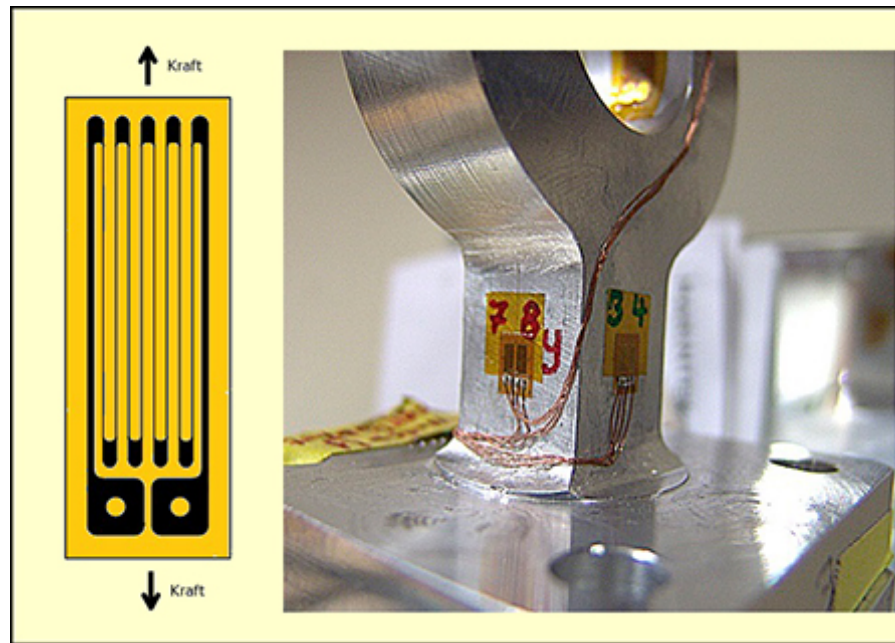
STRAIN GAUGE-PICKUPEN

Här har vi verkligen en katt bland hermelinerna. Denna konstruktion genererar inte sin egen utsignal som MM, MC och MI-pickuperna gör, den behöver matningsspänning och kallas i bland för *Solid State Cartridge* eller halvledarpickup på svenska. Det här är en pickuptyp som har dykt upp emellanåt men i dag är Soundsmith den enda aktiva tillverkare av halvledarpickup som vi känner till.



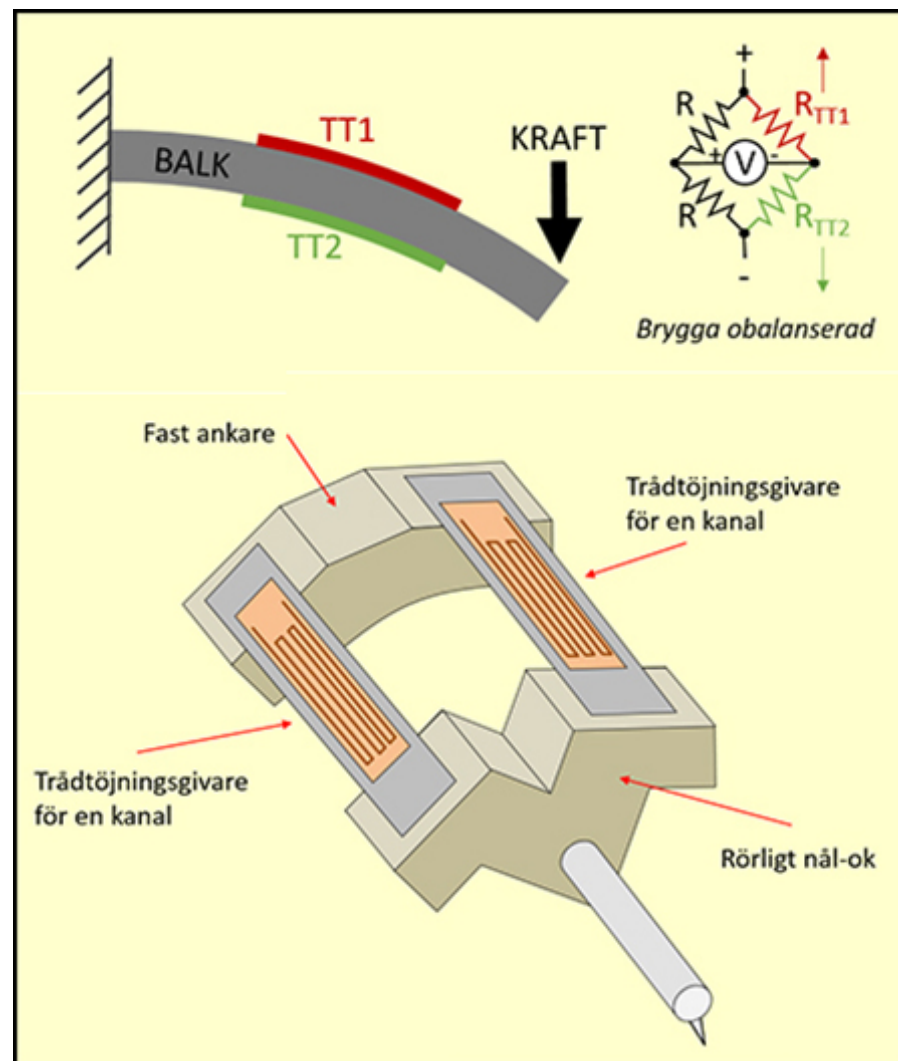
Källa: sound-smith.com

Principen är enkel; den bygger på användandet av trådtöjningsgivaren (TT-givare) som sensor. Trådtöjningsgivaren är oftast tillverkad som ett tunnfilms-laminat, en tunn plastfilm med ett ännu tunnare kopparlager på den ena sidan. I kopparlagret etsas ett mönster på samma sätt som när man gör mönsterkort (kretskort)



Storleken och mönstret varierar beroende på applikation. Bilden till höger visar ett vanligt användningsområde som lastcell på en lyftöglan. Givarna mäter hur mycket metallen i lyftöglan sträcks vid belastning, d.v.s. de fungerar som en inbyggd våg. Källa: techworld.idg.se

TT-givaren är en resistiv sensor, d.v.s. den ändrar sin resistans och det den mäter är sträckning och kompression. Om vi sträcker TT-givaren kommer "trådarna" som är etsade på ytan att bli lite smalare och resistansen ökar. Trycker vi ihop den (komprimerar den) kommer trådarna att bli tjockare och resistansen minskar. Genom att limma ihop två TT-givare på varandra eller på varsin sida av en balk kan man mäta böjspänning:



Den övre givaren kommer att töjas mer än den undre och på så sätt kan man mäta både böjningens storlek och åt vilket håll.

Nedre bilden är en mycket förenklad bild av Strain Gauge pickupen för att illustrera principen.

Strain Gauge-pickupen har en TT-givare per kanal och nålen kommer att böja TT-givarna enligt samma rörelsemönster som magneten rör sig i en MM-pickup men det krävs speciell elektronik för att omvandla resistansändringarna till en användbar spänningssignal. **Soundsmith** har löst det genom att bygga ihop den nödvändiga omvandlingselektroniken med ett riaa-steg.

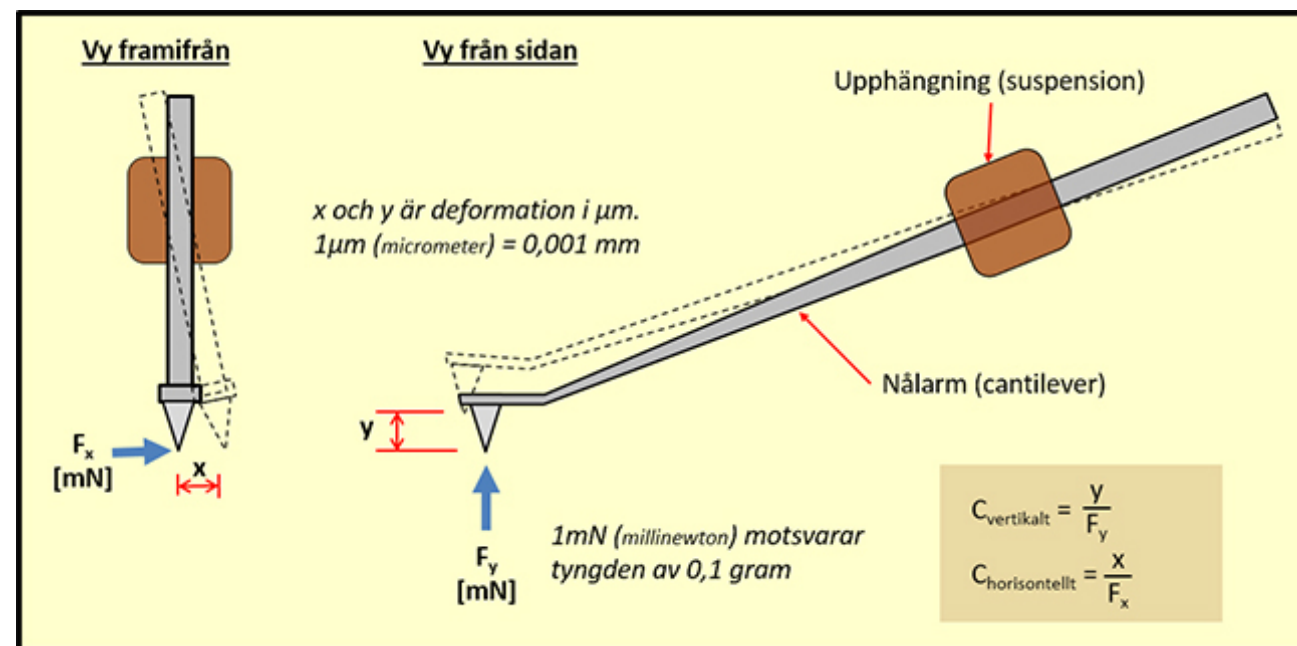


Källa: sound-smith.com

KOMPLIANS

Komplians eller fjädringsmjukhet, är ett mått på hur styv (eller mjuk) nålarmens upphängning är (fjädringen) som vanligen uttrycks som $\mu\text{m}/\text{mN}$ (mikrometer per millinewton). Upphängningens styvhet och nålarmens längd är huvudparametrarna.

Pickupens komplians är viktig i anpassningen mellan pickup och tonarm, en missanpassning här kan leda till ett riktigt dåligt slutresultat oavsett hur "fin" pickup respektive tonarm man har. I avsnitt 8 kommer vi gå igenom hur du praktiskt går till väga med att anpassa pickup/tonarm för rätt resonansfrekvens. Men det är trots allt pickupens komplians som ger de styrande konstruktionsparametrarna för avläsningens exakthet, så tonarmen får så att säga anpassa sig till denna miljö.



Om vi påverkar nålspetsen med en kraft på 1 mN kommer nålspetsen att röra sig ett antal μm , hur många μm är värdet för den aktuella pickupens komplians. Ibland används

mm/N, $xx \cdot 10^{-6}$ cm/dyn eller bara cu (*compliance unit*), men det är samma sak. Nu finns det både horisontell och vertikal komplians eftersom styvheten kan vara olika horisontellt och vertikalt, men de brukar vara ganska lika.

Det vi nu mäter är pickupens statiska komplians, men det finns en dynamisk också och den mäts vid en viss frekvens eftersom den är frekvensberoende (som mycket annat). Vid dynamisk mätning kommer upphängningens dämpande egenskaper också att påverka resultatet, inte bara upphängningens styvhet. Tyvärr skriver inte alla pickuptillverkare ut om det är den statiska eller den dynamiska kompliansen som anges i den tekniska specifikationen. Även om de skriver att det är dynamisk komplians så är det inte säkert att de anger vid vilken frekvens de har mätt den.

Som exempel:

Audio-Technica AT-OC9ML/II

Specifications:

Dynamic compliance: 9 cu

Static compliance: 35 cu

Här ser vi hur stor skillnaden verkligen kan bli när man tar med nålupphängningens dämpande egenskaper i mätningen (statiskt kontra dynamiskt). Flertalet tillverkare mäter den dynamiska kompliansen vid 10 Hz vilket är logiskt eftersom det är i den häraden som pickup/tonarmsresonansen hamnar, men det finns även tillverkare som mäter kompliansen vid 100 Hz. Den "vanligaste" metoden för beräkning av pickup/tonarmsresonansen förutsätter dock att kompliansen har mätts vid 10 Hz. Det finns tumregler ute på nätet för att beräkna förhållandet mellan de olika mätmetoderna, men de är så trubbiga att vi utelämnar dem här.

Pickuper från Japan (t.ex Lyra) har ofta kompliansen angiven vid 100 Hz och det värdet är generellt lägre än motsvarande vid 10 Hz. Pickuptillverkare från USA brukar bara ange den statiska kompliansen och det värdet är generellt högre än värdet är för 10 Hz (undantag finns givetvis).

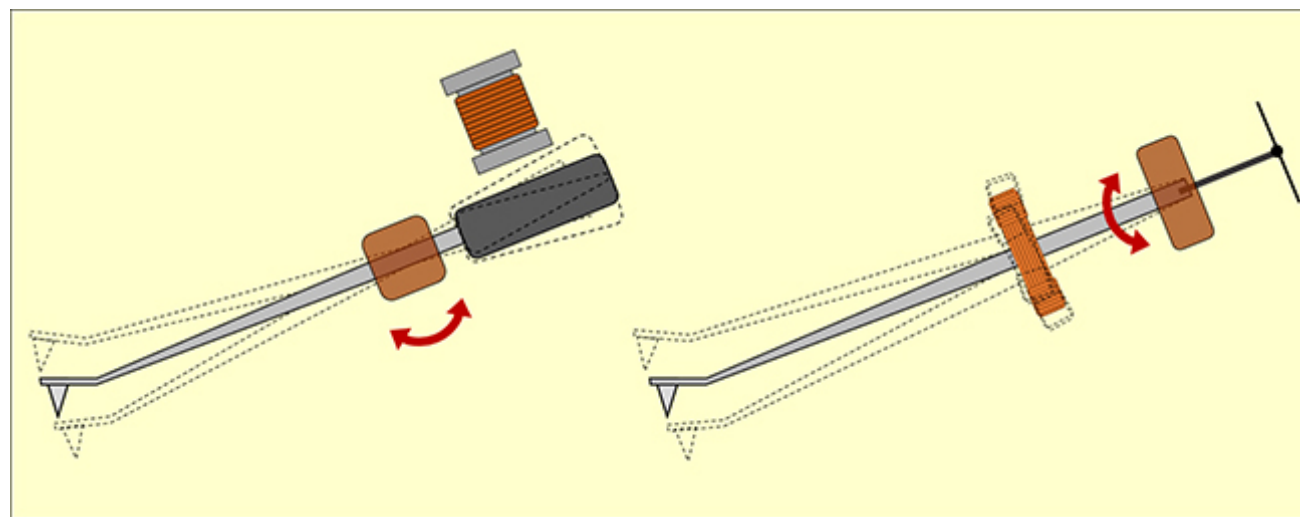
Ingen av dessa mätningar duger till att beräkna pickup/tonarmsresonansen enligt standardformeln.

Hur man räknar på detta och vad man ska tänka på kommer i kapitel 8, vi behöver bara lite mer "kött på benen" innan vi tacklar den problematiken.

NÅLARMEN (eng. cantilever)

Nålupphängningen tjänar tre syften:

- Lagringspunkt för nålen
- Skapa nålens kontrollerade fjädring
- Dämpning som förhindrar eftersvängning

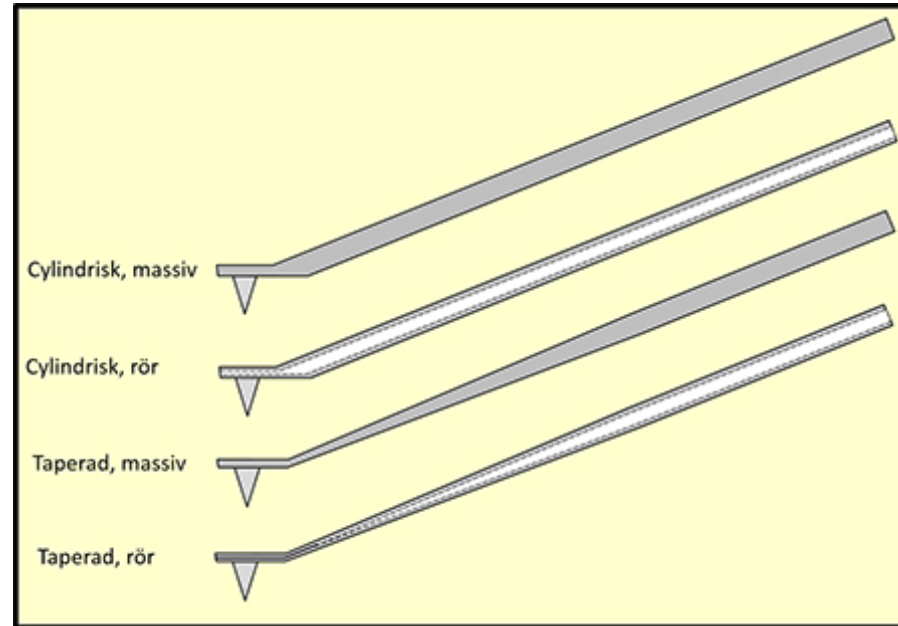


Till vänster en mm-konstruktion med lagringspunkt placerad mellan nål och magnet, som en gunbräda.

Till höger en MC med spole placerad framför lagringspunkten.

Nålarmens uppgift är väldigt viktig. Det skall nämligen överföra nålspetsens rörelser till magneten eller spolarmaturen så exakt som möjligt men den skall helst inte väga något.

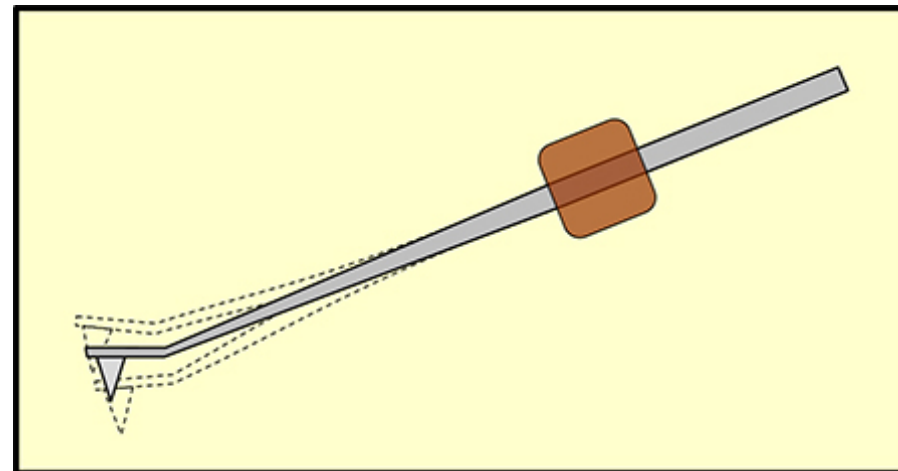
Den skall också vara oändligt styv. Här har pickuptillverkarna lagt ner mycket utvecklingsresurser under åren och idag har vi nålarmar till hyfsade priser som klarar sin uppgift förhållandevis bra. Olika material och olika profiler ger olika resultat.



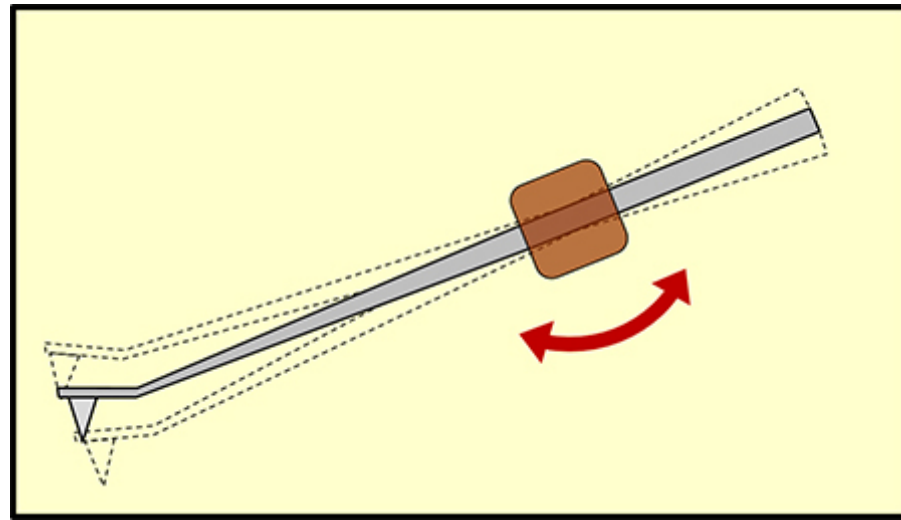
Olika profiler på nålarmar.

Det gäller alltså att göra nålarmen så lätt och samtidigt så styv som möjligt. För att lätta den cylindriska och massiva nålarmen gör man ett rör istället men samtidigt tappas då lite i styvhet och man har fått en kavitet inuti röret som kan orsaka resonanser vid vissa frekvenser. En del nålarmar har ett dämpmaterial inuti för att dämpa resonanserna. Nackdelen med det är att då ökar också vikten (massan) något. För att minska vikten kan man istället göra nålarmen konisk eller taperad. Mindre material ger en lättare nålarm och för att löpa linan ut kan man också göra den ihålig. Ett koniskt rör får inte samma resonansbenägenhet som ett cylindriskt.

En "klen" nålarm gör att röret sviktar och nålspetsens rörelser kommer inte att transporteras till bakänden av nålarmen (läs magneten, armatyren).



Nålarmen sviktar vilket gör att pickupen tappar information



En stabil nålarm gör att "magneten" rör sig exakt som nålspetsen.

Nålarmens betydelse är så stor att många pickuptillverkare använder samma "motor" i pickuphuset i de olika modellerna; eller rättare sagt, samma generator till många av sina pickuper. Det är bara nålarmens beskaffenhet och nålspetsens slipning som skiljer modellerna åt som i t.ex. **Ortofon's OM**-serie.

Några olika material som används till nålarmar:

	Elasticitets-modul E [GPa]	Denitet ρ [kg/m ³]	E/ ρ [MNm/kg]
Titan	110	4540	24
Aluminium	74	2690	28
Stål	210	7900	27
Kolfiber	93	1500	62
Safir, rubin	320	4000	80
Beryllium	270	1840	147
Bor-titanlegering	662	4500	147
Bor	450	2300	196
Diamant	1005	3520	286

Man ser att bor är överlägset alla utom diamant om man studerar kvoten E-modul/Densitet.

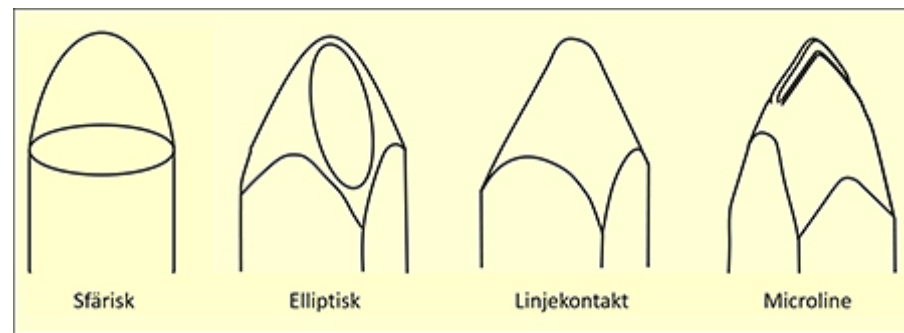
E-moduler hämtade från: "A Hi-Fi Moving-Magnet Cartridge Using Recent Technology", författad av S. Obata, M. Itoh och K. Azuma. De arbetade på Disk Audio Division på Matsushita.

Om man maximerar förhållandet mellan elasticitetsmodul och densitet och väljer det mest effektiva tvärsnittet så får man den mekaniskt bästa nålarmen. För en nålarm är detta ett koniskt format rör i diamant, bor eller beryllium. Inte så konstigt att många pickuptillverkare väljer just bor till sina finaste nålarmar. Beryllium är förvisso lättare än bor, men har inte alls samma styvhet vilket gör att man måste använda tjockare gods till nålarmen. Det tycks vara ont om bor på världsmarknaden. Fler pickuptillverkare lär ha problem med att få tag på det. Nu annonserar även Ortofon samma sak som endast kan tillhandahålla bor till sina mer exklusiva (lågvolym-) pickuper, [se länk](#). Valet av bor i nålarmen förbättrar responsen i högre frekvenser (rakare respons) eftersom högre styvhet och/eller lägre massa i nålarmen ger en bättre högfrekvensresonans för det lilla oscillerande systemet nål+nålarm+vinylyta. Generellt använder de finare pickuperna material som bor och de lite längre ner på skalan använder oftast aluminium. Om man t ex kikar i specifikationerna för **Ortofon's Cadenza**-serie eller **Nagaokas MP**-serie så har de billigare modellerna aluminium och de dyraste bor i sina nålarmar. Men det är inte enda skillnaden.

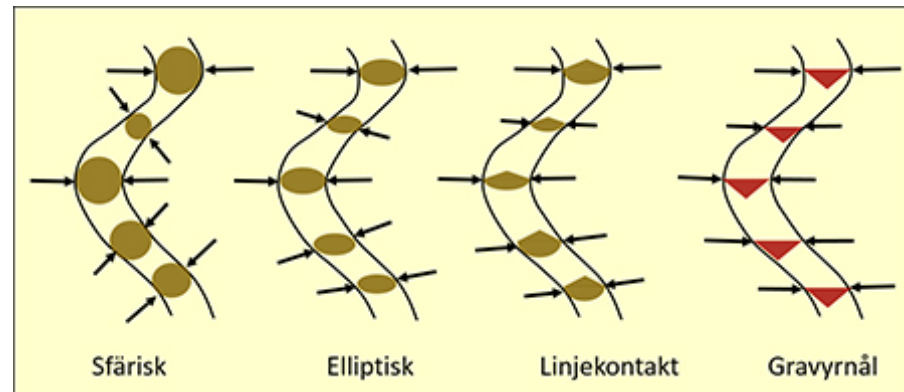
NÅLSLIPNINGAR

Det gäller också att få till en så bra kontaktyta som möjligt mellan nålspets och skivspår. Vad som är bra beror på hur spåren ser ut. För en stereo-LP, som sedan starten 1957/58 baseras på *micro groove*-geometri i spåren, så skärs spåren med max spårbredd på ca 0.08mm i 90° vinkel. Minsta spårbredd i standarden är 0.025mm. Nålens bredd (avståndet mellan kontaktytorna för höger och vänster kanal) bör därför vara nära detta värde. Botten av spåret är inte helt spetsigt, utan avfasat med en radie ca 0.005mm. Nålspetsen får inte vara så spetsig att den rör vid botten på spåret. Nålen måste vara korrekt orienterad i spåret. Om kontaktytorna inte är symmetriska får man fasfel och spårningsdistorsion.

Här en bild på några typiska nålslipningar:



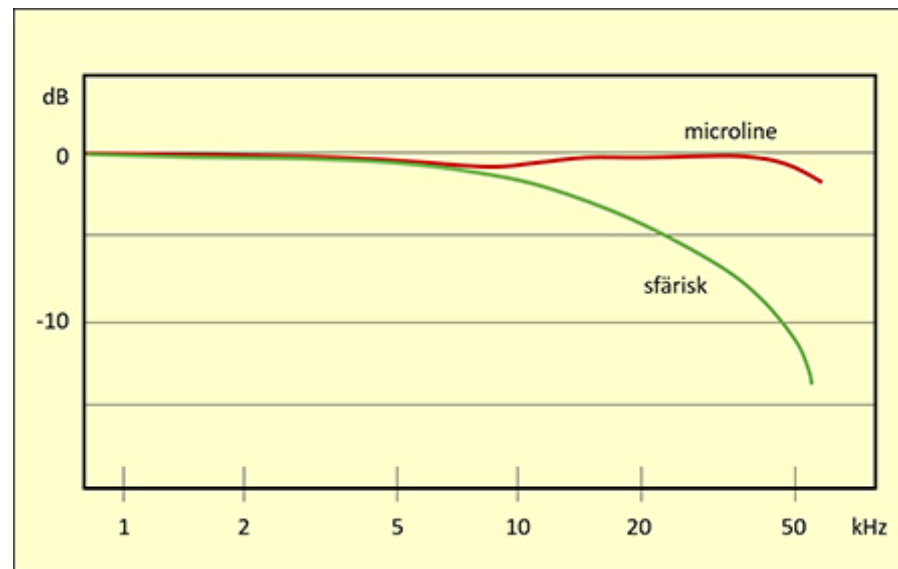
De första nålarna var sfäriska. Därefter började man slipa elliptiska nålar vilket innebar att kontaktpunkterna för vänster och höger kanal är vinkelrätt mot spårets tangent, vilket inte en sfärisk nål är. Spår som är modulerade "off-center" innebar alltså fasfel för avläsning med sfärisk nål.



Linjekontaktslipningar är vanligast idag. Linjekontakt innebär att respektive kanal har kontakt längs en linje i en radiell spårsektion, till skillnad från en sfärisk eller elliptisk slipning som endast har punktkontakt i spåret där avståndet mellan vänster och höger punkt blir som minst. Linjekontaktslipningar ger en större kontaktyta, men ställer samtidigt högre krav på korrekt orientering (montering) eftersom om nålen är vriden kommer den ganska omgående att spåra fel.

Shibata är en form av linjekontaktslipning. I samband med att man utvecklade tekniken för quadrafoniska (4-kanal) inspelningar i början av 70-talet ställde man betydligt högre krav på pick-upen. Quad, eller CD4, krävde reproduktion av frekvenser uppåt 45 kHz, vilket inga pick-up-konstruktioner klarat dittills. Kontaktytorna, även för de bästa slipningarna, var alldeles för breda för att de skulle kunna spåra 45 kHz oscilleringar. Det testades med att göra de elliptiska slipningarna snävare, men de blev som osthyvlar och sabbade vinylen. Den japanske vetenskapsmannen **Norio Shibata** gjorde något helt annat. Han slipade så att den horisontella kontakten blev minimal men den vertikala blev maximal. Det innebar att den kunde spåra 45 kHz. Den hade däremot lägre kontaktryck och högre slitage än samtida försök till snävare slipningar. När man slipade elliptiska nålar utgick man från en runt nålämne. Enligt [Aalt-Jouk Van den Hul](#) skiljer sig inte bredden på anliggningsytan mot en rund nål. Helt enkelt för att sliperierna inte kunde slipa annat än ett plan vid den tiden. Även på shibatan utgår man från ett runt nålämne och lägger in två plan på baksidan vilket gör att anliggningsytan är bågformad i övergången mellan runt ämne och rakt plan. Skivans rörelse gör då att nålen kommer röra sig upp och ner i spåret på grund av att vinylen så att säga träffar nålen på olika höjd mot bågformen på grund av graveringen. Men eftersom anliggningsytan trots bågformen var väsentligt smalare än "ellipsen" så kunde man spåra upp till 45 kHz. Baksidan var, enligt Van den Hul, att det gav ganska stort skivslitage.

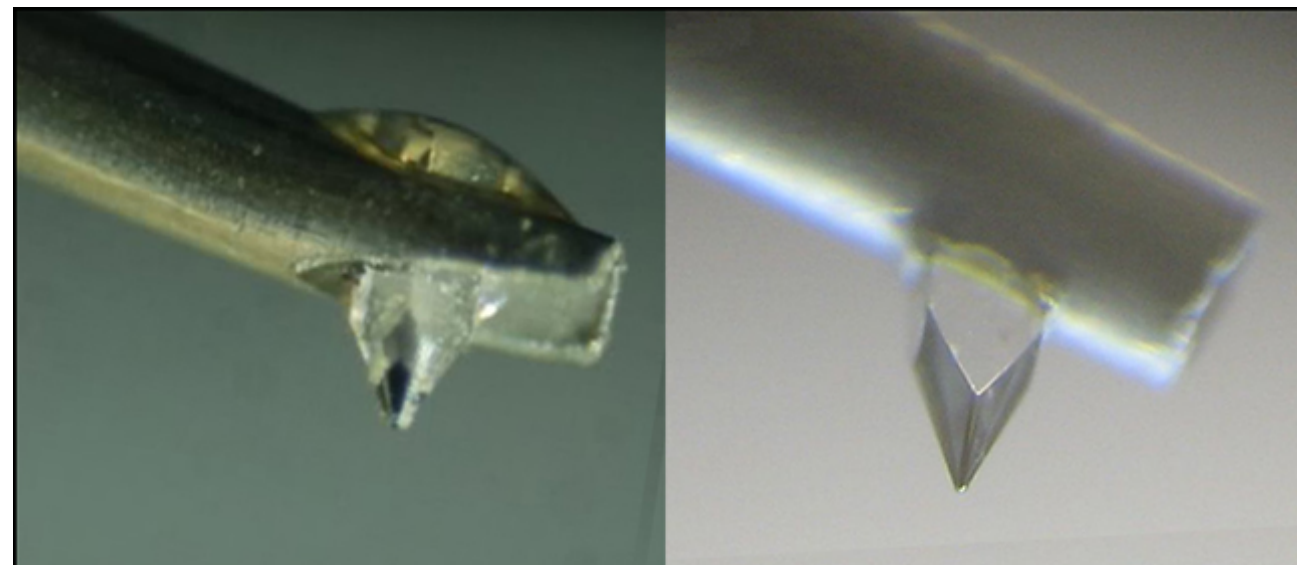
Vid tiden för VdH's beställning av prototyper av nålarna kunde inget sliperi slipa i 3D. VdH var själv med och utvecklade slipmaskin och teknik för att kunna göra detta och det är först efter det som det även gått att slipa riktiga elliptiska anliggningsytor. I princip en VdH2-nål. Det var antagligen bara **Fritz Geigers** sliperi som antog utmaningen att slipa Vdh1-nålar och senare VdH2-nålar.



Jämförelse mellan äldre slipning och microline. Data från: US Patent 4521877 Shimamoto.

I stort sett alla bra slipningar idag är baserade på utvecklingen av Shibata, Van den Hul, **Namiki** (Hiroshi Shimamoto) och **Junshiro Ogura**. De går under namnet linjekontakt-nålar. Även om quadrofoni aldrig fick riktigt genomslag, så var detta ett stort steg i utvecklingen av nålslipningar med avseende på diskantåtergivning, lägre distorsion och mindre skivslitage. Slipningar tog ytterligare ett steg 1983 när Namiki tog patent på *Microridge*- eller *Microline*-slipning. De stora skillnaderna mot shibata-slipningen är att kontaktytan verkligen följer spåret längs en linje och att man skar formen med laser i stället för att slipa. I princip alla *hifi-pickuper* idag har microline / line contact-slipningar eller motsvarande. Benz, Ortofon, Lyra, Dynavector, ZYX, Clearaudio, VdH osv har någon variant av dessa slipningar, även om de ger dem andra namn som *Special Top Secret Proprietary Nano 1000 Super Limited*. Vi tror inte att det är en stor sak idag (inte så dyrt alltså), utan mer att en enklare pickup inte ska kräva så noggrann och känslig montering. Man vet att de flesta som äger en skivspelare inte kan/vill montera en pickup överhuvud taget, än mindre finjustera azimut. Då är det bättre att ha en förlåtande nålslipning.

Det förekommer en rad olika sätt att fästa nålen till nålarmen. En del gör ett hål genom nålarmen och limmar dit nålen. Andra limmar nålen på en stav och limmar sedan staven i ett hål i nålarmen.



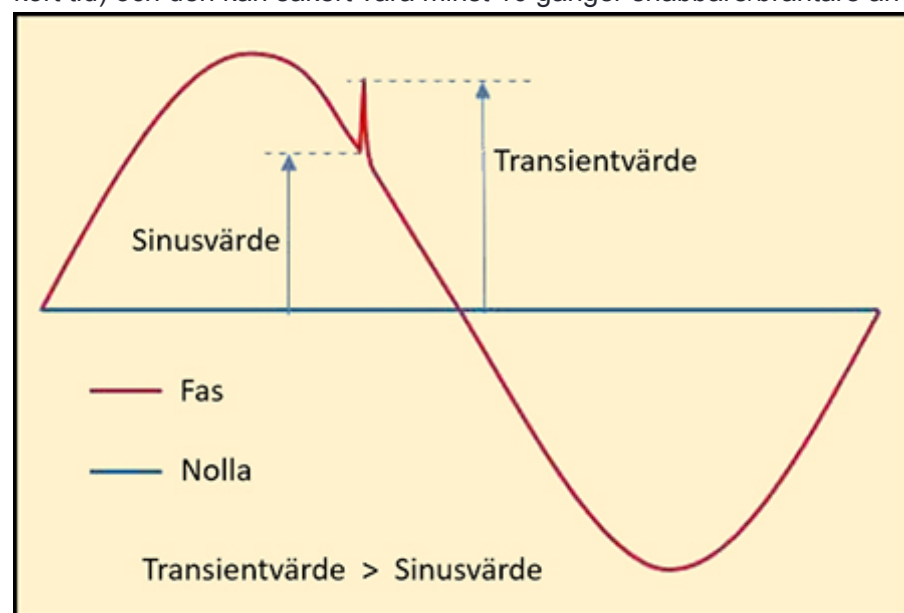
Två hålmonterade nålar. Till vänster en bonded (Denon DL103) och till höger en naken (Fritz Gyger 80). Båda limmade i nålarmen. Foto: hifi-classic.de resp. vinylengine.com.

Varför hörs repor så tydligt?

En knappt synlig repa tvärs spåren borde inte påverka nålen särskilt mycket och borde bara ge marginellt tillskott till output. Ändå hörs vissa repor markant. Nålslipning och nåltryck påverkar förvisso så att moderna pickuper spårar bättre och repor är ett mycket mindre problem idag än tidigare.

Men de hörs *trots allt* tydligt. De borde knappt höras alls. En repa i en LP är kanske 30µm vilket skulle ge en grundton på 15kHz under oerhört kort tid. Så låter ju inte repor alls 🎧

Det som händer mekaniskt är att nålen får en sådan skjuts av detta *oväntade gupp* att det skapar stötresonanser i armen. Repan kan inte läsas av som nyttosignal utan blir en så kraftig stöt att den mättar generatoren. Elektriskt beror utsignalen från en pickup på tre faktorer; magnetfältets storlek, antalet varv på spolen och den relativa hastigheten mellan magnet och spole. En repa resulterar i en extremt brant framflank (en viss förflyttning av spole eller magnet på väldigt kort tid) och den kan säkert vara minst 10 gånger snabbare/brantare än den högsta graverade frekvensen på en skiva.



Guppet som en repa bidrar till varje varv kan som signal liknas vid en kraftig transient.

Repan skapar ett gupp i graveringen varje varv på en LP. Guppen kan liknas vid en kraftig transient och brantheten hos repans framflank kommer troligtvis att inducera en spänning som är minst 10 gånger högre än vad nyttosignalen gör. Den stora ljudmässiga skillnaden tror jag dock raa-stegen står för. En så hög signalamplitud som repa orsakar kommer att få många raa-steg att *bottna*, de har helt enkelt inte tillräckligt mycket *headroom* för att klara av den stora signalen. Kör man elektroniken till botten/klippning finns alltid risken för en oscillering innan elektroniken har hittat hem igen. Raa-steg med koppling men med olika matningsspänning kan ge väldigt olika knäppjud. Ju lägre matningsspänning, desto ljudigare och aggressivare knäppar. En SUT fungerar antagligen som ett litet filter, en transformator är ju inte den ideala komponenten för att hantera riktigt snabba förlopp.

Slutsatsen är alltså att trots att repor inte är större än spåren så bildar de ett så brant gupp att både mekaniska och elektriska komponenter bottnar. Antingen bottnar fjädningen i pickupen eller spänningen i raa-steget. Om guppet skapar en stötresonans så sker sannolikt både och. Det är ju lite liknande fenomen när man sänker nålen för snabbt.

SAMMANFATTNING

Utvecklingen går framåt och dagens magneter är oerhört mycket kraftigare i förhållande till sin vikt så MM-pickuperna har en förhållandevis låg rörlig massa nu för tiden. Där försvinner ett av argumenten för att välja bort MM-pickupen. Samma kraftiga magneter används även i dagens MC-pickuper vilket gör att utspänningen har ökat med bibehållet antal varv på spolarna. En del tillverkare har minskat antal varv på spolarna och därmed minskat den rörliga massan ytterligare. Skillnaden mellan MM och MC har minskat under årens lopp och man kan få fantastiskt resultat med båda varianterna. Frågan mellan MM och MC är närmast teologisk och det finns som vanligt två "tvärsäkra" läger.

Vår uppfattning är att det är viktigare att anpassa den aktuella pickupen rent mekaniskt, d.v.s att välja en pickup vars komplians passar tonarmens effektiva massa. För ett optimalt resultat krävs också korrekt inställning av VTF (*Vertical Tracking Force*), VTA (*Vertical Tracking Angle*), Azimuth (nålvinkeln i spåret) samt överhäng (nålens ideala avstånd från tonarmens pivot). Det är också minst lika viktigt att anpassa pickupen elektriskt. För MM-pickuper handlar det framför allt om belastningskapacitansen och för MC-pickuper om belastningsimpedans och Step-up'ens förstärkning. Mer om detta lite senare. En korrekt installerad MM är ofta överlägsen en felaktigt monterad och missanpassad MC, och givetvis tvärtom.

Vi har hört fantastiska resultat med förhållandevis enkla och billiga MM-pickuper t.ex. **Audio Technica AT95E** för under en femhundra och vi har hört riktigt dåliga resultat med MC-pickuper för över 50 gånger det beloppet. Allt handlar om anpassning och pickupen måste passa ihop med resten av systemet. Dessutom spelar nålslipning, montering, nålarmkonstruktion och -material minst lika stor roll som om det är spolar eller magneter som rör sig.

Det är ganska meningslöst att diskutera om bor är bättre än aluminium, om mm är bättre än mc, om låg komplians är bättre än hög osv, om man inte vet vad dessa val kommer sig av. Ur teknisk synvinkelö är det följande huvudområden som påverkar en pickup:

1. Det stora systemets mekanik. Systemresonans pga en specifik kombination av tonarm och pickup.
2. Den elektriska kretsen. Internimpedans i pu.
3. Den magnetiska kretsen. Det magnetiska fältets styrka och jämnhet.
4. Det lilla systemets mekanik. Utväxling mellan spårampplitud och amplitud i spolarna. Nålarmens styvhet och massa i förhållande till LP-skivans styvhet och dämpning för ett modulerat spår.
5. Statisk och dynamisk skanningsförlust och klämeffekter pga nåltryck, nålslipning, spårhastighet, frekvens, nålarmens styvhet och massa samt LP-skivans styvhet och dämpning.

I följande avsnitt kommer vi fördjupa oss i respektive huvudområde.

Bebop



Moderator

+ 2 290

11 292 posts

Location:Sydsverige

Posted October 2, 2016

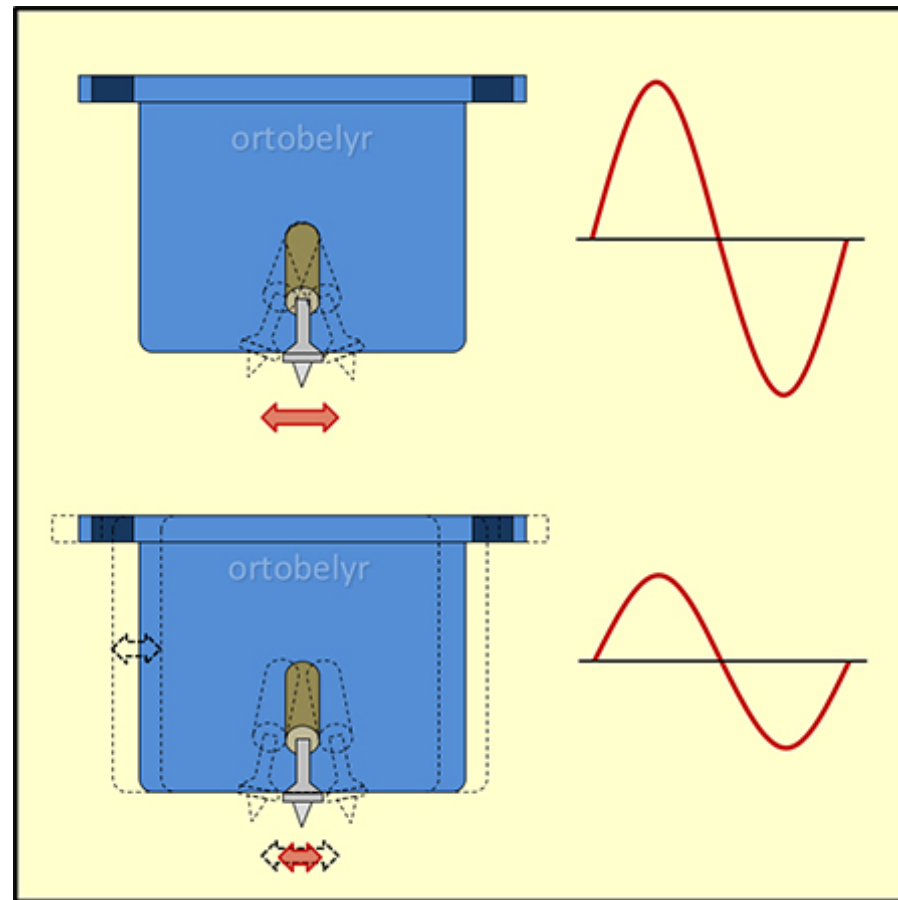
#5

4. Tonarmen

När nålen vibrerar skickar den rörelseenergi genom pickuphuset till tonarmen som fortplantar sig till lagret i tonarmsbasen. Ju lägre komplians, desto mer rörelseenergi. En perfekt lösning vore om pickupen satt fast på en helt stum, rigid konstruktion, vilket inte är möjligt eftersom nålen ska följa ett radiellt graverat spår. En tonarm kommer alltid att vibrera pga reaktionskrafterna som uppstår av rörelseenergin. Dessa sekundära vibrationer adderas till de primära vibrationer som nål, spole och magneter alstrar. En bra utformad tonarm minimerar dessa sekundära vibrationer, utan att påverka de primära.

De vitala parametrarna hos en tonarm är geometri, styvhet, effektiv massa, lagring, (anti)skating och dämpning. Dessa parametrar måste beaktas i konstruktionens armrör, motvikt, lager och övriga konstruktionsdetaljer. Det här avsnittet kommer att presentera några olika metoder att lagra en tonarm av pivottype. Tonarmsgeometri behandlas i ett annat kapitel.

Tonarmen har en svår och delikat uppgift vid avspelning. Den ska ge pickupen optimala arbetsbetingelser i alla lägen oavsett om det är en ojämn eller ocentrerad skiva på tallriken. I varje litet ögonblick ska pickupen vara lika fast förankrad *i rymden* som om den satt fastsvetsad, det är ju bara nålen som ska röra sig i förhållande till pickuphuset och om pickupen följer med nålrörelsen aldrig så lite kommer det att bli en minskad nålrörelse och en förlorad signal.



Nedre bilden visar vad som händer om tonarmen inte "håller i" pick-upen ordentligt, pick-uphuset rör sig och utsignalen minskar.

Tittar vi på lite längre tid (fortfarande delar av sekunder) måste tonarmen gå så lätt att den följer med vid buckliga och ocentrerade skivor utan att påverka nålrörelsen. Här är några vanliga anledningar till att vi får det här beskrivna problemet.

- Glappande tonarmslager.
- Instabilt eller vekt tonarmsrör.
- Missanpassning mellan pickup och tonarm.

Vi återkommer i senare avsnitt till hur parametrarna anpassas, men här kommer först en beskrivning av de vitala delkomponenterna i en tonarm.

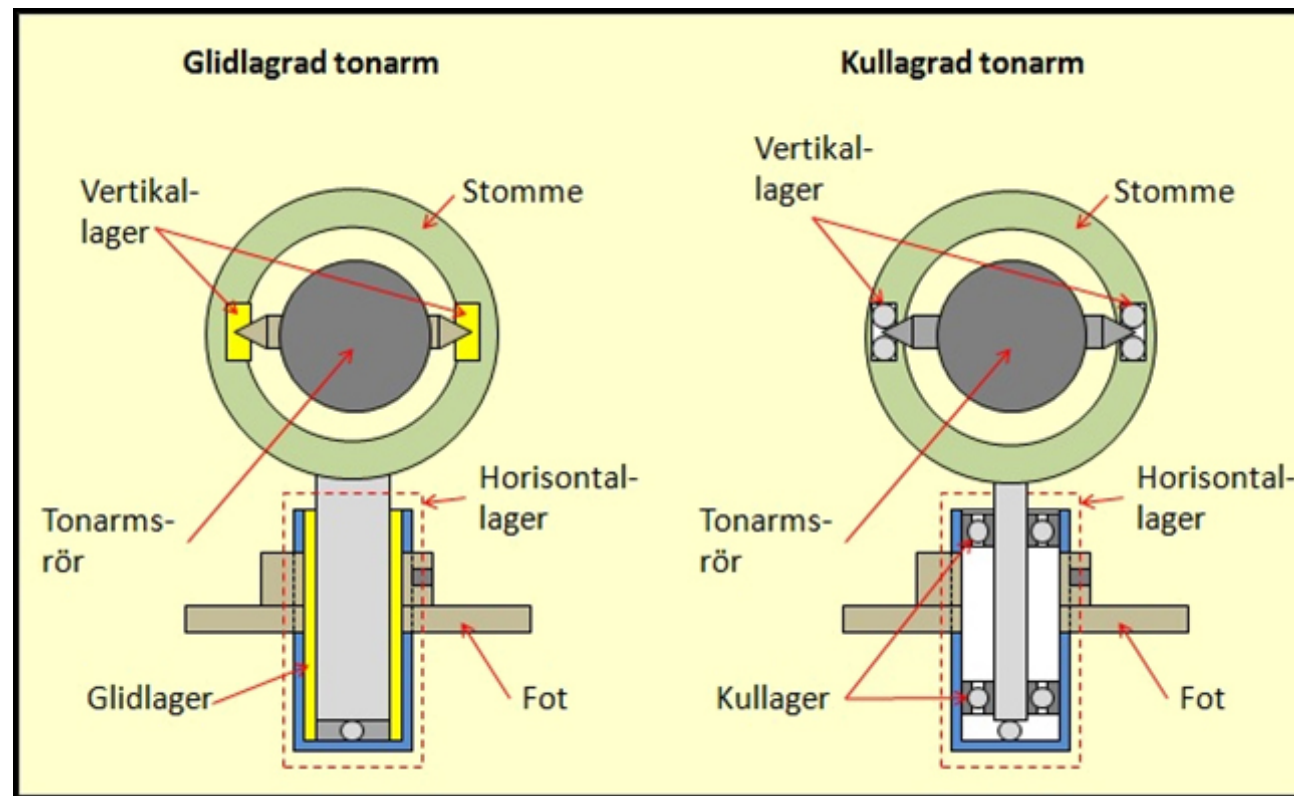
TONARMSLAGRING

Att lagra en tonarm så att den varken glappar eller går trögt (friktion) är ett problem som har hållit ingenjörerna sömnlösa i många år. Emellanåt kommer det fram tonarmar med nytänkande lösningar, en del är så bra att de har stannat kvar, men andra så kallade banbrytande innovationer håller inte måttet och glöms snabbt bort.

Pivotlagring

I begynnelsen var det uteslutande glidlagrade tonarmar.

Vertikallagringen är ofta arrangerad som tonarmsrörets infästning i själva stommen och stommen i sin tur horisontallagras i foten. En förhållandevis enkel lösning som har visat sig fungera hyfsat bra, majoriteten av våra tonarmar bygger mer eller mindre på den principen fortfarande. Den här upphängningen är givetvis inte perfekt och det är lagringen som är det största problemet. Den får inte glappa och den får inte tröga. På de enklare tonarmarna har man glidlagrat både vertikal- och horisontalupphängningen (till vänster på bilden nedan). I sin enklaste form är lagerytorna gjorda i mässing/brons och spetsarna/axeln i stål, men på de mer påkostade armarna har man gjort vertikallagringen med t.ex. rubin.



Några olika sätt att lagra en tonarm

Nästa steg i utvecklingen innebar att man ersatte glidlagren med kullager (till höger i bilden ovan). De är mer långtidsstabila eftersom det inte är något slitage att tala om, men problemet med att lagringen varken får glappa eller tröga finns kvar. Spänner man ett kullager så att det inte glappar, så trögar det oftast. Avvägningen är hårfin och närmast omöjligt att realisera i praktiken. Det behövs inte många tusendels millimeter glapp för att pickupens ska röra sig på fel sätt vid avspelning och det behövs inte mycket lagerfriktion för att pickupens inre geometri ska påverkas negativt vid buckliga och ocenterade skivor.

Ett alternativ till ovanstående princip är den så kallade "gimballagrade" armen, på svenska brukar det kallas för kompassupphängning utifrån en annan vanlig tillämpning. Den stora skillnaden mot föregående exempel är att horisontallagringen inte finns i foten.

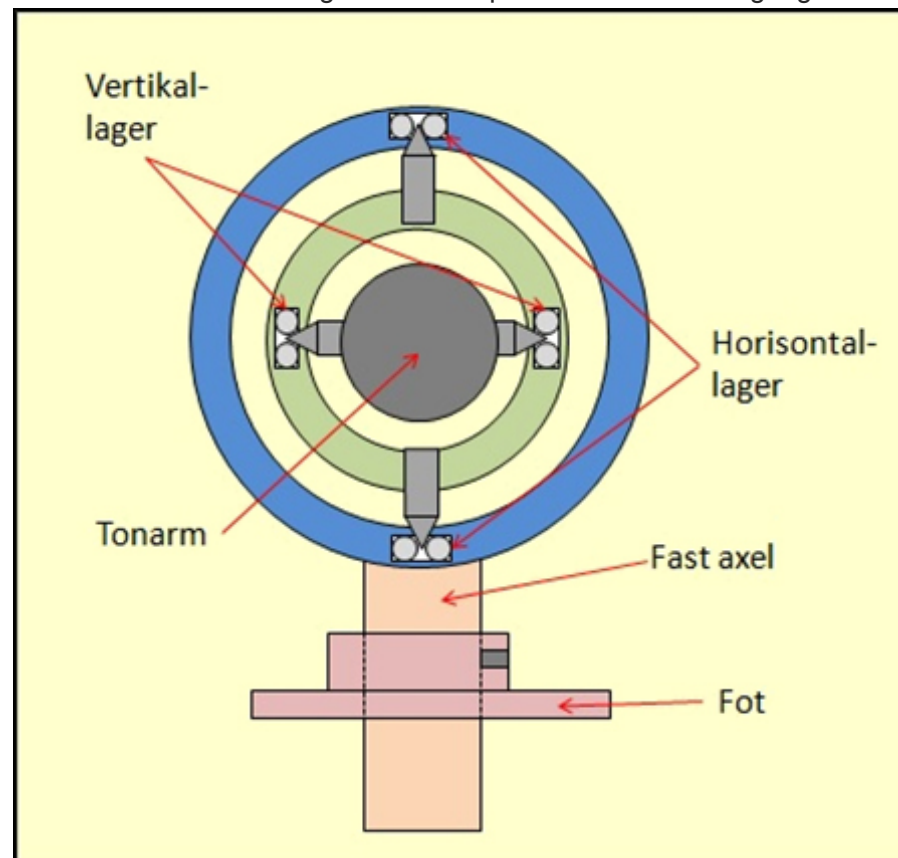
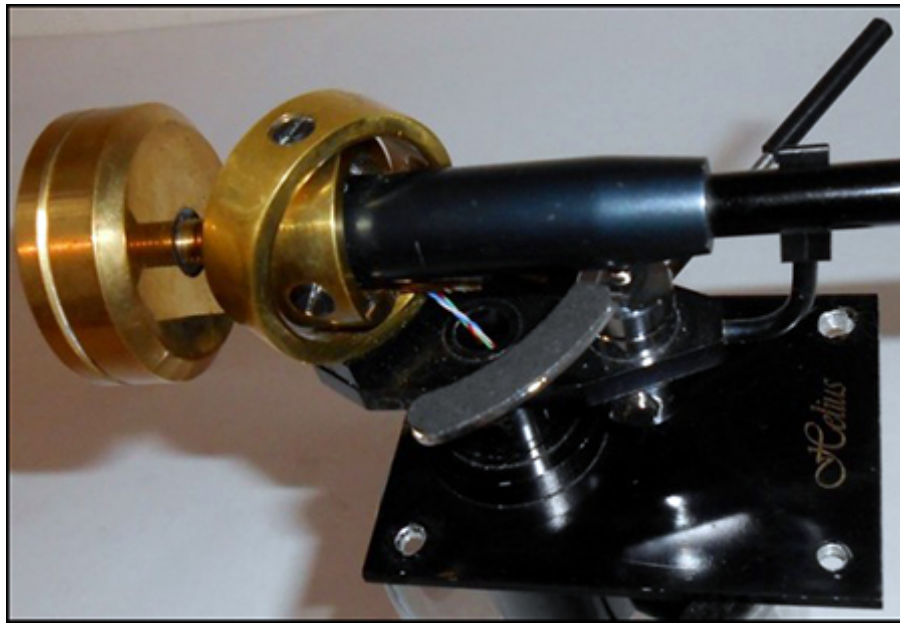


Bild på "Gimballagrad" tonarm

Vitsen med gimballager är väl att alla led rörelser sker på i princip samma ställe. Ett potentiellt glapp bör då vara mindre känsligt. Det är väl också enklare att få samma effektiva massa vertikalt och horisontellt.



Hilius Aurum. Källa:<http://www.retrotech...lius-aurum.html>

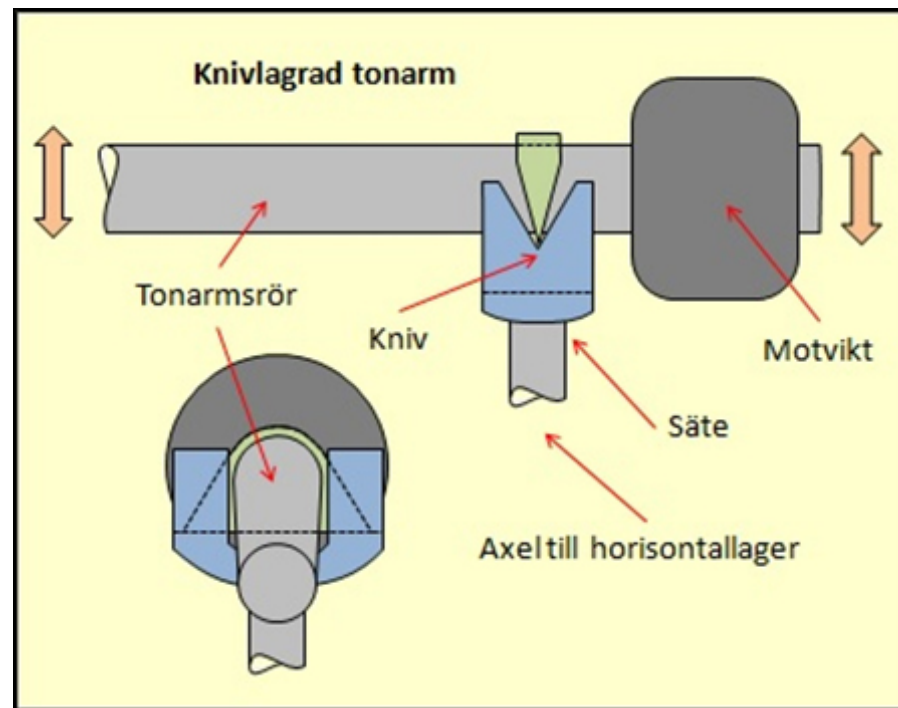
Vi tar med en riktig juvel också.



Thales Simplicity Källa:eliot

Knivlagring

För att slippa problemet med glappande och svårjusterade vertikallager utvecklade man knivlagringen.



Tonarm med vertikallager av kniv-typ.

SME har knivlagring på flera av sina armar.



Källa: audiokarma.org

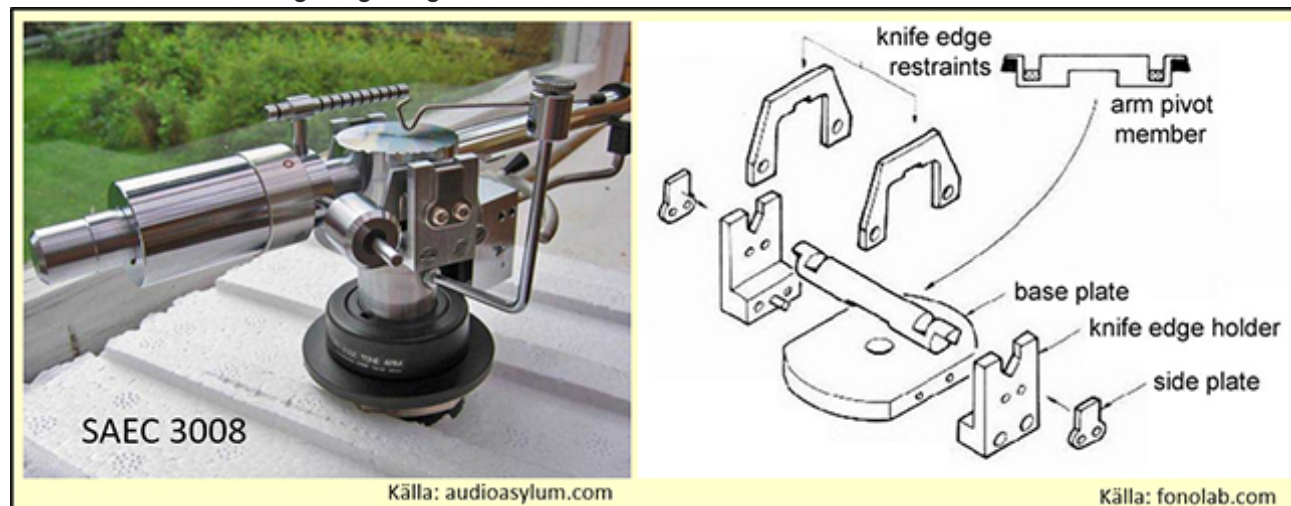
Källa: dealry.co.uk

Källa: audioasylum.com

Ett kollage av bilder på SME's lösning (SME 3009 Series II).

Bilden till vänster visar SME's säte (saddle block), i mitten själva kniven som sitter på armen och till höger ser vi hur kniven ligger på plats i sätet. Det finns fler tillverkare som använder den här tekniken, men lösningen kan se lite annorlunda ut.

Här är en annan knivlagrad goding, en SAEC 3008



SAEC 3008

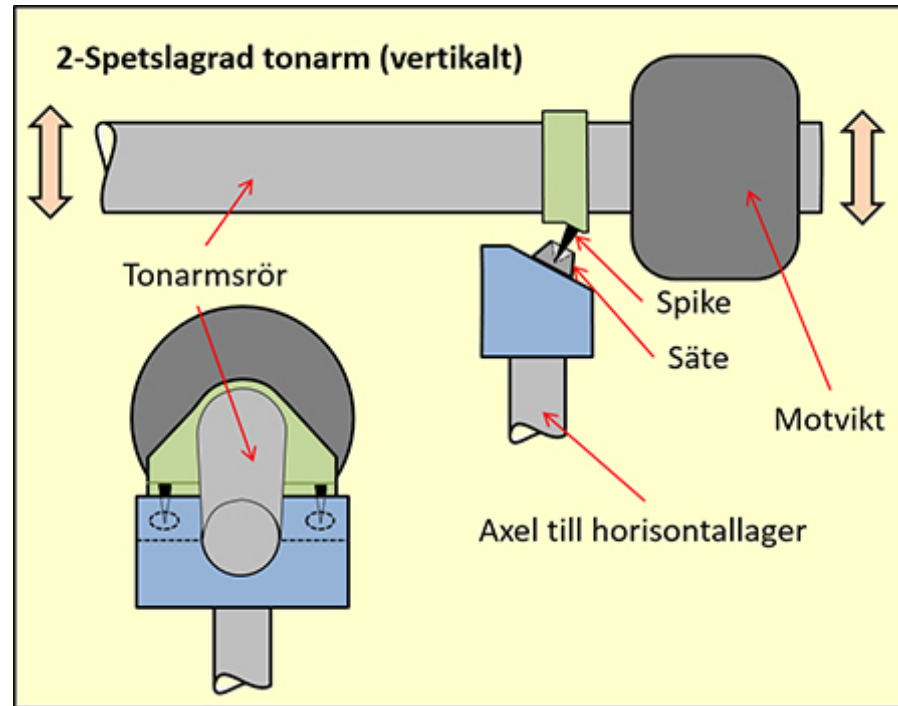
Källa: audioasylum.com

Källa: fonolab.com

Bild och beskrivning av en SAEC 3008

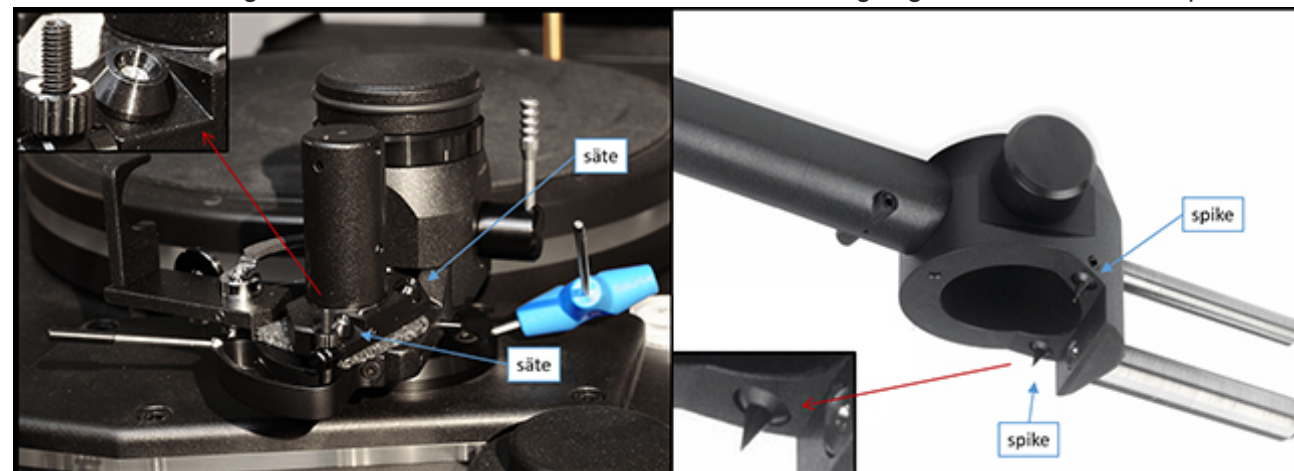
Nu är det inte så väl att knivlagringen är helt utan problem heller. Slitaget på knivarnas egg gör att dessa måste bytas ut emellanåt, det är ingen stor kostnad eller komplicerad operation, men det ska göras.

En utveckling från knivlagringen är 2-spetslagringen. Den bygger på samma princip som knivlagret, men med ett annorlunda utförande.



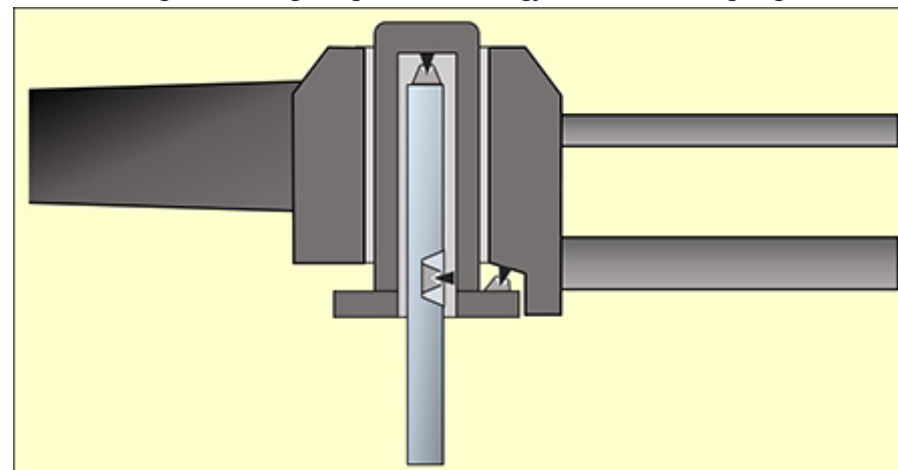
Principen för en 2-punkts (vertikal) lagrad tonarm.

Det är inte så många tillverkare som använder den här tekniken i dagsläget, Kuzma med sin 4-point arm är den som i nuläget är mest omtalad.



Detaljbilder från Kuzma 4-point's vertikallagring.

Kuzma har gått ett steg längre och även gjort horisontallagringen med 2 spetsar. Därav namnet 4-point, 2 spetsar till vertikal- och 2 till horisontallagret.



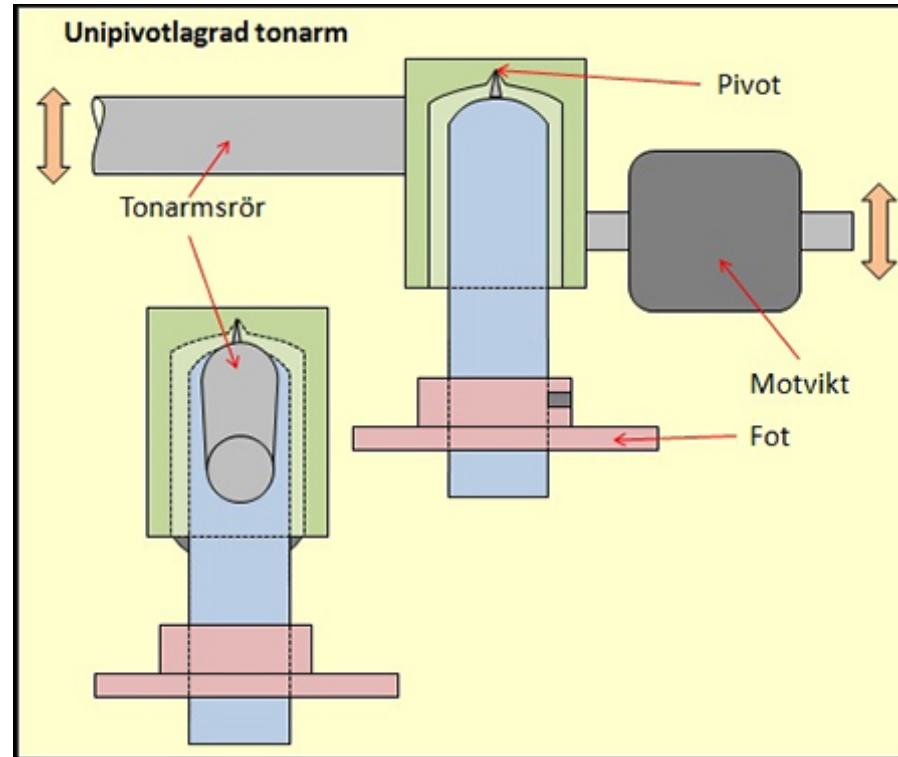
Genomskärning av Kuzma 4Point som visar ett 2-punkts horisontallager mot mittpinnen samt ett av de två sätena som bildar 2-punkts vertikallager för armröret.

Mindre glapp och mindre friktion än så här är nog svårt att få till. Principen med 4Point är väldigt snarlik ett gimballager. Båda har ju fyra lagerpunkter för att leda armen för horisontal- resp vertikallrörelse. Å andra sidan är 4Point på ett sätt mer en slags stabiliserad unipivot. Utgångsläget är en unipivot som stabiliserats först i en punkt så att unipivotlagret endast kan rotera i horisontalplanet. Därefter hakas armen på i 2 punkter som endast tillåter armen röra sig vertikalt i en riktning. Slutresultatet ger exakt samma

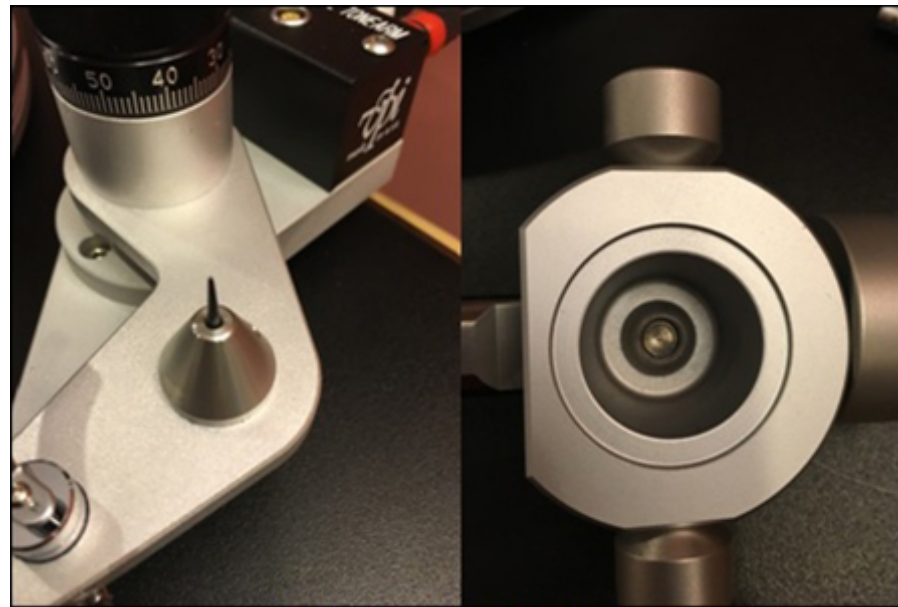
funktion som ett gimballager. Finns det några (objektiva) fördelar med 4Points konstruktion jämfört med gimballager? Det enda jag kan se är att det går att göra en sådan lösning mycket robustare än ett gimballager, vilket förvisso är hela vitsen...

Unipivot

Uni (en) **pivot** (vridningspunkt) är teoretiskt sett en genial lösning, den är enkel att tillverka och fri från både lagerglapp och friktion. Det finns många olika praktiska lösningar med magneter, oljebad, trådar, mm för att försöka få armen att "hålla balansen". Vi visar bara på grundprincipen och hoppar över alla alternativa lösningar.

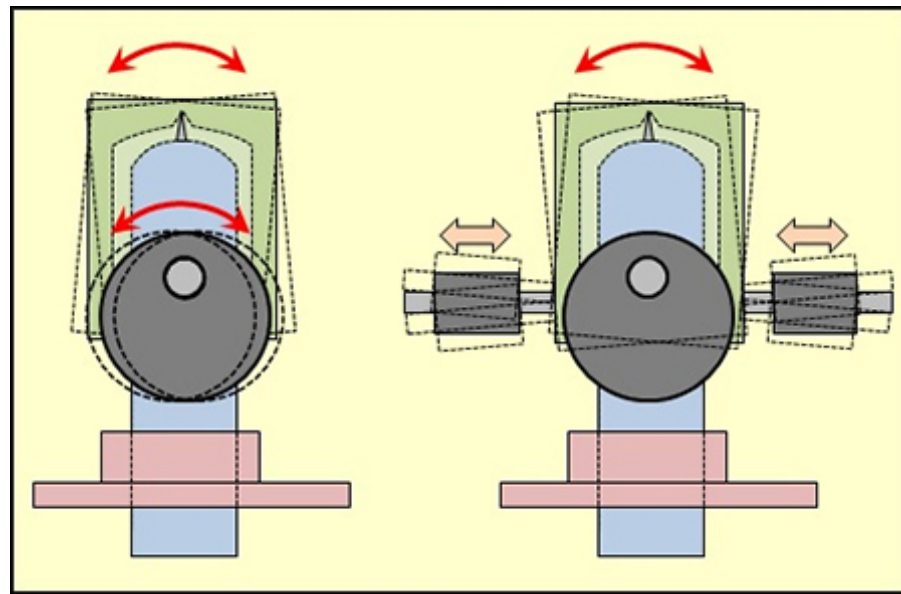


Principen för UniPivot-armens uppbyggnad.



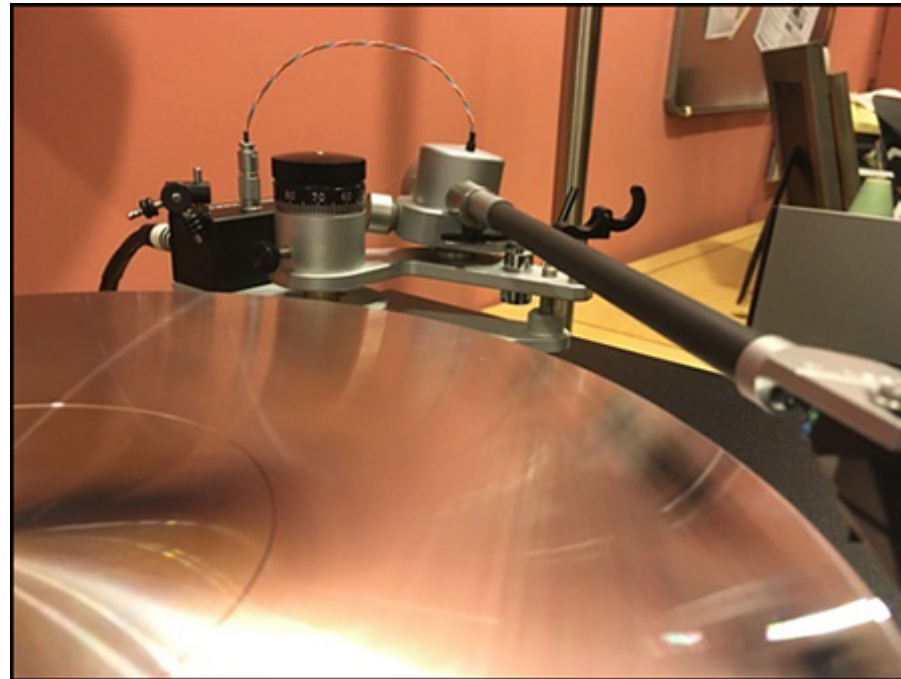
Detaljstudie på en Unipivot från VPI. källa: forums.stevehoffman.tv

Grundkravet är att den stora massan finns under lagringspunkten, men problemet är att armens vridning, azimuth, inte är fast (stabil) som på andra armlösningar.



Alternativa metoder för att justera azimuth.

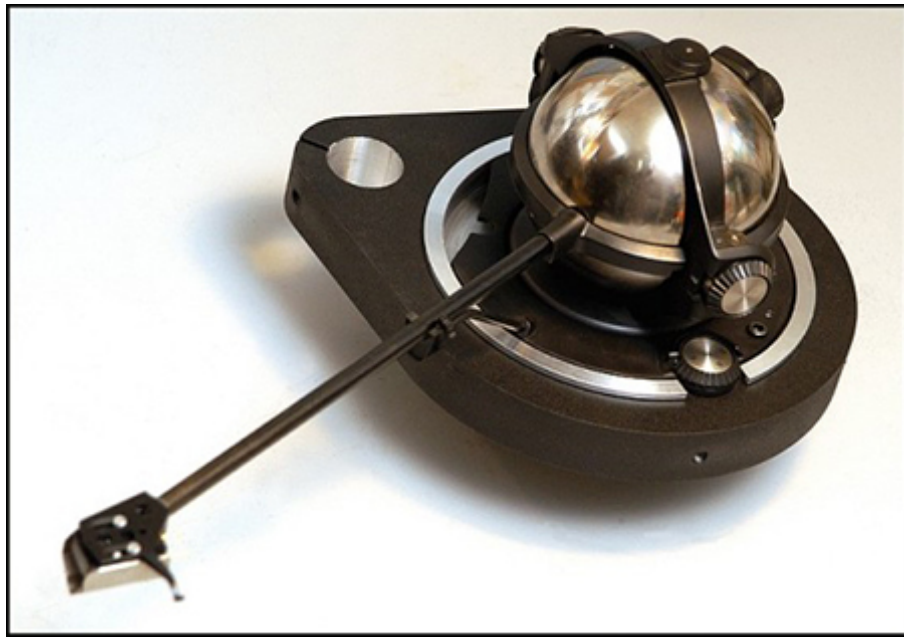
Azimuthjusteringen brukar antingen göras genom att man vrider en excentrisk motvikt åt ena eller andra hållet (bilden till vänster), eller att man har utrustat armen med "balansvikter" som man kan justera med kortare eller längre avstånd från centrum (bilden till höger). Det finns givetvis andra varianter också.



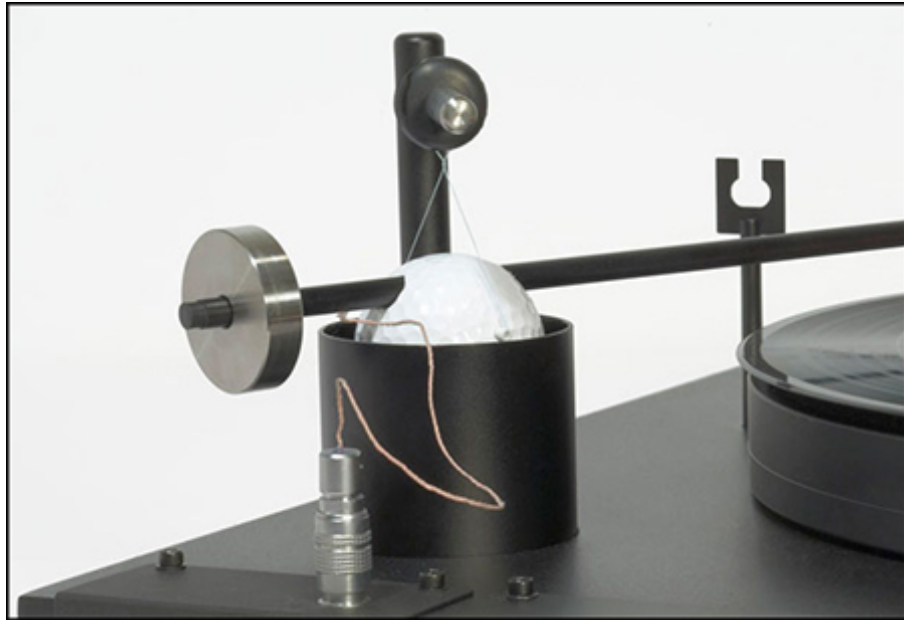
Punktering? Nej, så här kan det se ut innan balansering. Källa: forums.stevehoffman.tv

Det går tveklöst att få dessa "vingepellar" att fungera väldigt bra, men det kräver ofta ett annat handhavande vid justering av azimuth än vanligt. Man kan normalt justera azimuth med hjälp av testskiva och oscilloskop, men det har visat sig vara betydligt svårare på unipivot-armor. Det är inte ovanligt att man vid tio mätningar efter varandra får helt olika resultat varje gång, vilket ger en bild över utmaningen att få till inställningen korrekt. Samtidigt är hög precision av azimuth mycket viktig för korrekt spårning, inte minst med de moderna slipningar vi presenterat i avsnitt 3. Tillverkaren av tonarmen har förhoppningsvis bifogat en instruktion på hur man ska gå tillväga med azimuth-justeringen på den aktuella armen. Följ den!

Några lite mer udda varianter.



Likhnitskys Korvet Källa: goodsoundclub.com



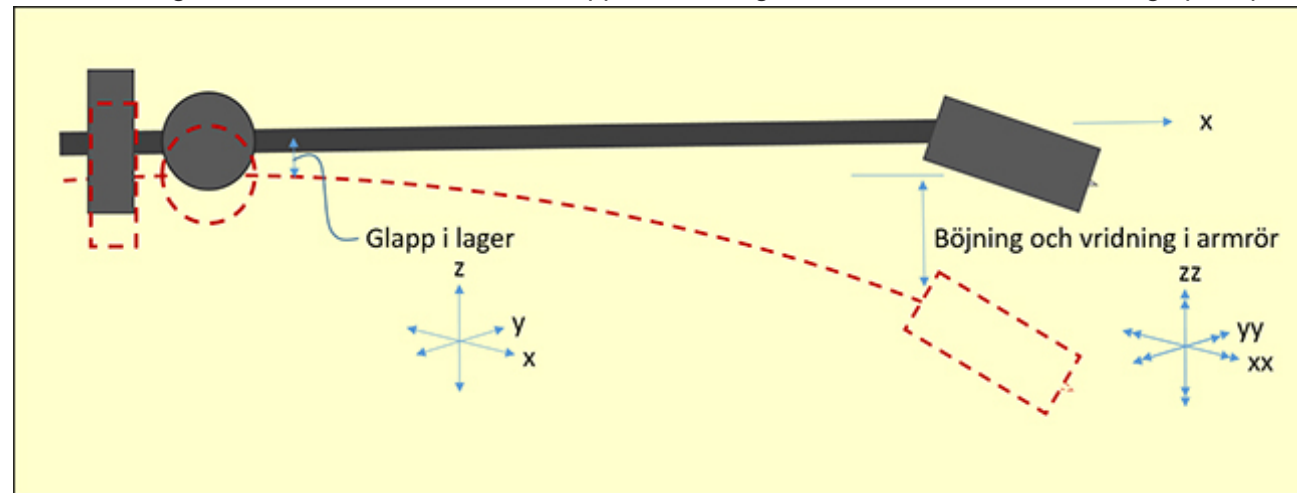
Well Tempered - Simplex Källa: audiogon.com

Unipivotkonstruktionen vidareutvecklad med en golfboll som flyter i olja 😊



TONARMSRÖR

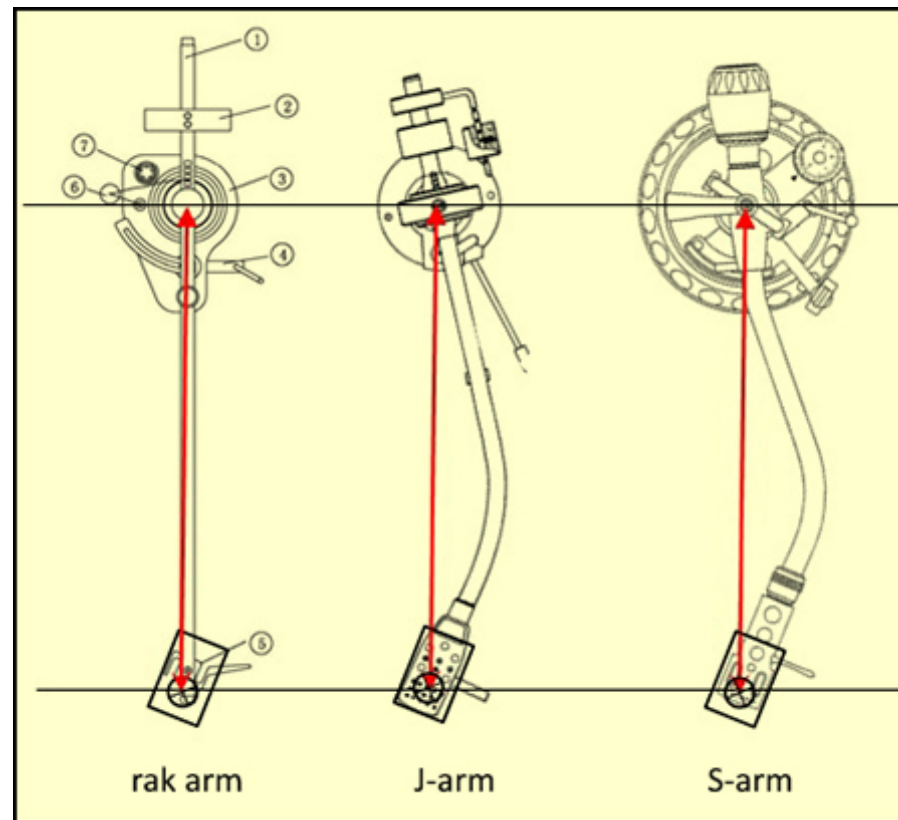
Det finns en hel arsenal olika konstruktionsprinciper för tonarmsrör; raka, J-formade, S-formade, jämntjocka rör, koniska rör, enkla rör, dubbla rör, fackverkskonstruktioner, rör i titan, mässing, rostfritt, trä, kolfiber mm. Den uppenbart viktigaste funktionen för röret är att ge pickupen bästa förhållanden under gång. Så, vad är *bästa förhållanden*?



Kraftigt överdriven figur för att visa rörelser som måste minimeras i en tonarm.

Glapp i lagerpunkterna beskrivs ovan, och den andra känsliga faktorn är böjning och vridning i tonarmsröret. På en del armar kan det även förekomma glapp i tonarmsröret, exvis i fogen mellan pickupskal och tonarmsrör. Tonarmsröret ska via pickuphuset och -skalet absorbera vibrationer från pickuper på ett sätt som inte ger respons tillbaka till pickuper. "Utklingningen" får bara finnas i tonarmen. Och det ska absolut inte komma i resonans inom audiodomäner. Detta gör man genom att göra tonarmsröret styvt mot böjning och vridning. Den effektivaste formen är normalt sett ett rör. Eftersom böjning och vridning kommer bli störst närmast tonarmsbasen så är det mest effektivt att göra ett koniskt rör. Nu är det extremt små krafter det handlar om, men pickuper är ju (om den är bra) också ett extremt finkänsligt instrument.

Ett rakt tonarmsrör har tveklöst minst materialåtgång, vilket gör att man kan tillverka det styvare med bibehållen massa. En J- eller S-formad arm har en massa överskottsmaterial (dödvikt) som egentligen inte tillför något annat än just massa och vill man hålla nere den effektiva massan så måste man "snåla" på godstjockleken och därmed stabiliteten.



Är J- och S-formad arm bara en design/marknadsförings-pryl eller finns det någon egentlig anledning till dessa former? Det enda som spelar roll för pickup/armgeometrin är avståndet mellan pivot och nålspets samt pickupens vinkel. Den är ju samma på alla tre armarna i bilden, det är bara armröret som har varit på olika långa resor. Drar vi en rak linje mellan pivotpunkten och nålspetsen ser vi att tonarmslagret borde bli asymmetriskt belastat med J- och S-form. Det är mycket mer vikt på högersidan än på den vänstra, det borde inte vara en fördel. Den rena böjningen (eller rättare sagt vibrationsmoder pga böjningsform) är ungefär samma för lika långa och lika styva armar. Med J- och S-

formade rör tillkommer vridningsmoder. Ju mer massa som avviker från centrumlinjen (effektiv längd), desto större amplitud på vridningsvibrationer. En lite långsökt förklaring att välja annat än rak arm skulle kunna vara att man släcker ut vibrationer / stående vågor. Alltså en slags geometrisk passiv konstruktionsdämpare. En kraftig geometriändring gör ju att vibrationer reflekteras (helt eller delvis) i stället för att absorberas eller fortplantas, vilket inte alls är bra när reflektionen sker i pickupskalet. När man började att införa löstagbara pickupskal behövde man göra en "knyck" på röret för att skalets pickupmontage skulle vara rakt och att skalet skulle få plats. I brist på bättre förklaringar ligger det nära till hands att det är anledningen.

MOTVIKTER

De sista vitala komponenterna på en tonarm är motvikterna som fästs eller gängas på bakom lagret. Motvikternas funktion är att balansera tonarmen, och därefter att definiera nåltrycket. Motvikterna bör dels vara stabila och dels utformade så att man kan förändra mothållande moment i mycket små steg. Det blir enklare om motvikterna är indelade i större och mindre vikter. De stora vikterna används för grovanpassning till aktuell pickup, och de mindre för finjustering av decimalerna i nåltryck.

På en del unipivotar används motvikterna även för justering av azimut.

Vinkelfel minskar ju med längre radialarmar, men om armen blir för lång så kommer distorsion pga tröghet bli större än distorsion pga vinkelfel. En tonarm med pu har en tröghet mot rotation kring lagret, alltså ett motstånd mot förändring av rotation (shastighet). Trögheten verkar som en slags dämpning som skapar distorsion, och ju mer massa och ju längre tonarm desto större tröghet. Motvikterna har således även en funktion att med sin massa och placering minimera armens tröghet. Det var **Leonhard Euler** (såklart) som introducerade tröghetsmoment som ett sätt att beskriva denna egenskap. Han sa att tröghetsmomentet är beroende av hur kroppars massor är fördelade i förhållande till en

$$\text{rotationsaxel: } I_0 = \sum_i r_i^2 * m_i$$

För en tonarm med pickup blir systemets tröghetsmoment approximativt $I_c \approx (m_{pu} + \frac{m_{ef}}{2}) * l_{ef}^2$. Med för tung pu/arm och/eller för lång arm finns risk för distorsion,

och I_c bör därför vara mindre än 20 kgcm².

m_{pu} = Pickupens vikt inkl monteringskruvar [g]

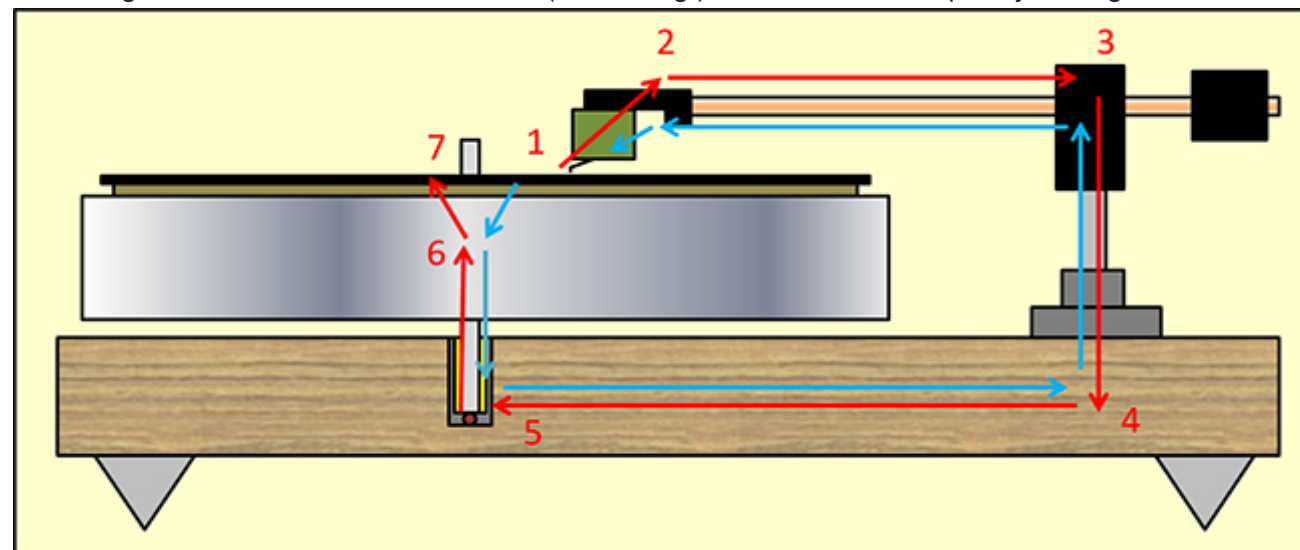
m_{ef} = Tonarmens effektiva massa [g]

l_{ef} = Tonarmens effektiva längd [cm]

För en **Lyra Kleos** på en **Kuzma 4Point** blir tröghetsmomentet $I_c = (11 + 14/2) * 28^2 = 14 \text{ kgcm}^2$, vilket är <20 dvs OK! En tonarmskonstruktör kan optimera genom att öka motvikternas massa och minska motviktsarmens längd. Han kan dock inte öka massan för mycket eftersom det ökar friktionskrafter i lagret. Kompromisser som vanligt...

TONARMSVIBRATIONER

Det diskuteras mycket om vilket material som är bäst till ett tonarmsrör, aluminium, kolfiber, trä,, o.s.v. Olika material har olika beteenden och röret är bara en del av hela tonarmskonstruktionen. Bara för att tillverkare A har kommit fram till att kolfiber låter bäst på deras arm, betyder inte det att kolfiber låter bäst till alla armar. Hur kan olika material ge så skilda resultat? Det handlar (som vanligt) om vibrationer. Se på följande figur:



När nålen rör sig i spåret uppstår vibrationer i pickuphuset (1). Dra ner volymen till noll när du spelar en skiva och lyssna vid pickupen. Ju högre det låter, desto mer vibrationer har du och det är just dessa vibrationer som man vill dämpa eller helst döda så långt det är möjligt. Vibrationerna går vidare från pickuphuset till tonarmen (2). Därifrån kan ett antal saker ske, och även **kombinationer** av dessa;

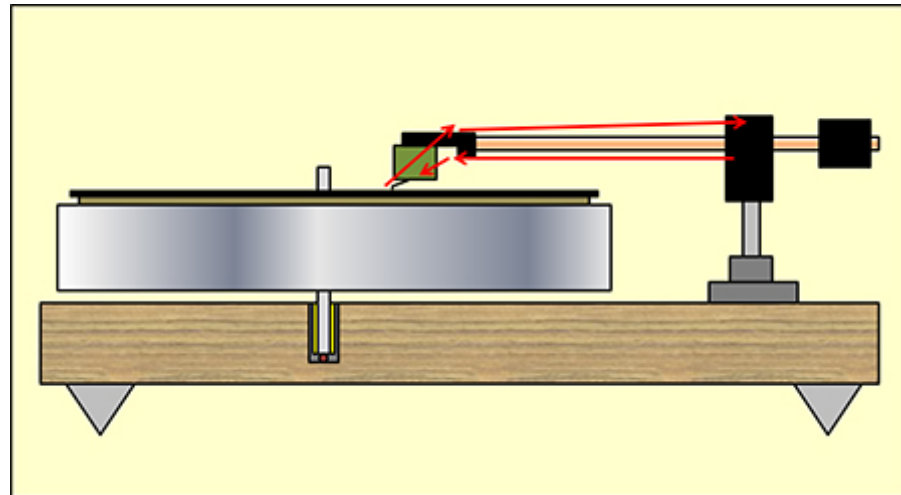
- Vibrationerna fortplantar sig till tonarmslagringen.
- Vibrationerna absorberas i tonarmen.
- Vibrationerna reflekteras i skarven mellan pickuphus och tonarm eller i tonarmslagret.

- Vibrationerna förstärks pga resonans.

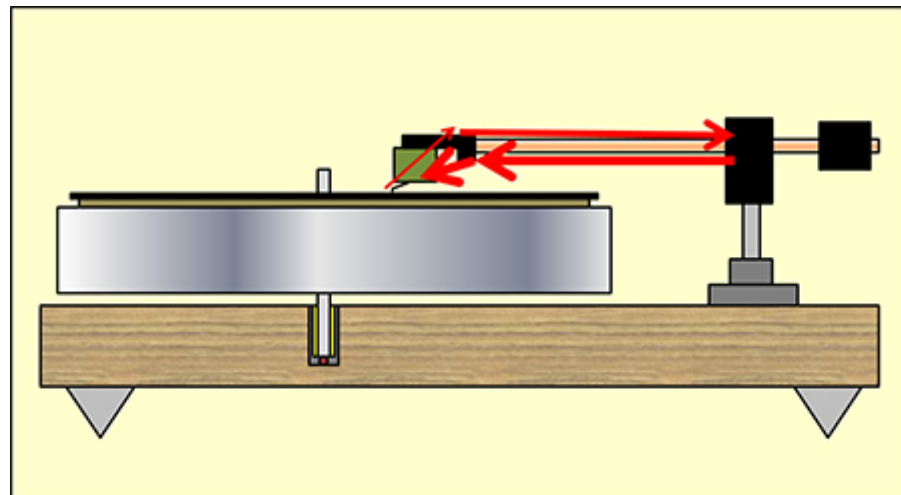
I tonarmslagringen (3) kan de fortplanta sig till plinten (eller subchassit) (4). Genom plinten går de vidare till tallrikslagret (5), via tallriken (6), upp genom mattan, till skivan (7) och tillbaka till nålen igen. Vibrationerna som kommer tillbaka till skivan blandar sig med de nya vibrationerna som pickupen just har plockat upp och ställer till med problem (tänk eko). Denna kedja av vibrationsrundgång försöker man bryta eller åtminstone dämpa så mycket som möjligt. Nålens rörelser orsakar inte bara vibrationer i pickuphuset utan även i skivan och de fortplantar sig på andra hållet (blå pilar). När dessa båda vibrationer (röda och blå pilar) interfererar med varandra kan det uppstå mystiska och klart hörbara fenomen. Den här typen av vibrationsåterkoppling ska helst brytas/dämpas så nära källan som möjligt. Kopplingen mellan pickup (1) och tonarm (2) är relativt stum och den kan vi inte göra så mycket åt. Materialvalet i tonarmsskalet kan förvisso påverka en del, men troligtvis inte göra några underverk. Mellan punkt 2 och 3 har vi en förhållandevis lång sträcka i form av ett rör. Här har vi stora möjligheter att dämpa vibrationer. Uppbyggnad och materialval hos tonarmsröret kan ha riktigt stor betydelse. Olika material leder ju vibrationer på olika sätt, om man kör med en slagborrmaskin i en betongvägg hörs det i hela huset, oavsett husets storlek, men i en träkåk fortplantas inte ljuden lika lätt. Här är vi tidigt i vibrationskedjan och vi kan därför också få en effektiv dämpning, och dessutom kan vi dämpa reflektioner och undvika resonans. Mellan punkt 3 och 4 har vi en hård koppling i form av tonarmslagringen. Här kan vi inte göra så mycket. Mellan 4 och 5 har vi också en lång sträcka. Plinten är utan tvekan en möjlig kandidat till framgångsrik vibrationsdämpning. Metoderna är många, man kan t.ex. välja "fötter" till plinten som leder ner vibrationerna till hyllan under och på så sätt bli av med en del av energin, man kan välja fötter som absorberar vibrationerna och man kan dämpa själva plintens förmåga att leda vibrationer med en genomtänkt konstruktion av ett ändamålsenligt material. Nu är plinten lite väl sent i kedjan för att göra maximal nytta, men det är absolut bättre än inget. Mellan 5 och 6 (tallrikslagret) är det oftast en helt stum koppling som är svår att vibrationsdämpa. Mellan 6 och 7 har vi tallrik och eventuellt en matta. Tallrikens utformning och dess materialval har stor påverkan, vissa tallrikar är nästan helt "döda" och leder inte vibrationer så bra, men andra ringer som kyrkklockor när man knackar på dem. Här finns många olika konstruktionsval t.ex. metall, plaster av olika slag, glas och olika laminat av bl.a. dessa material.

Mattan som är sist i kedjan kan faktiskt göra ganska mycket, men om ni tittar på bilden ovan ser vi att den är först i kedjan för de störningar som uppstår i själva skivan och vill ner i tallriken (blå pilar). Vi misstänker att det är på det hållet som mattan har sin största förtjänst.

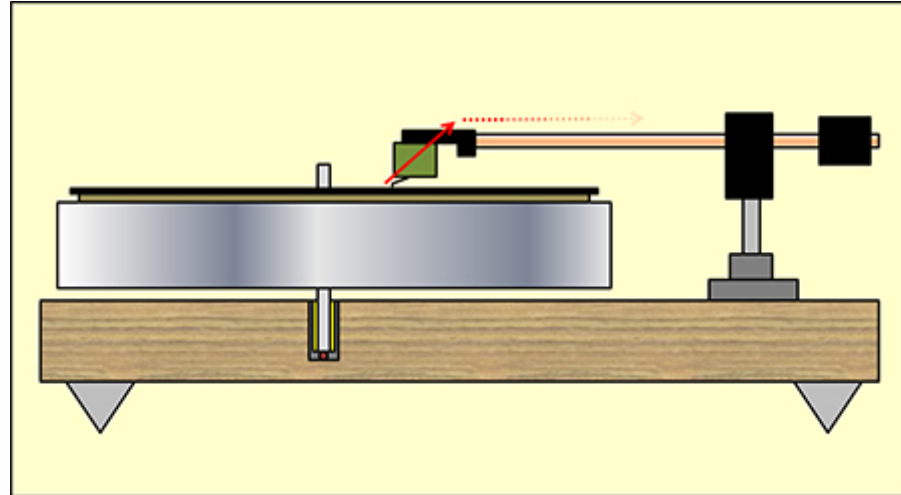
Nåväl. Vid material- och/eller geometriändringar sker antingen transmission (fortplantning) enligt ovan, reflektion eller absorption. I en stång eller ett rör som är infäst i ett lager kommer reflekterade vibrationer att inverteras. Absorption av vibrationerna i ett armrör sker normalt genom konstruktionsdämpning, alltså hysteresis som minskar energinivån för varje vibrationscykel. Typ av pickup (komplians), armrörets tvärsnitt, material(-kombinationer) och längd avgör hur effektivt vibrationerna dämpas.



Vid **reflektion** fortplantar sig vibrationerna till någon del på vägen och studsar därifrån tillbaka.



Vid **resonans** förstärks vibrationer när de når armröret. Detta beror på en missanpassning mellan tonarm och pickup och är det värsta som kan hända då det totalt muddrar signalen. De flesta kombinationer av pickup+tonarm ger resonans, men så länge de ligger en bra bit under audiosignalen så kommer resonansfrekvensen inte att exciteras. Den ska dock inte vara så låg att tonarmen kommer i resonans pga ojämna skivor.



Med den bästa anpassningen så **absorberas** (dämpas) vibrationerna av armröret.

Pickupen **Lyra Skala** har en elastisk polymerkropp som dels absorberar vibrationer i sig, dels används den som mothåll eftersom nålarmen är infäst i ett metallskelett som får direktkontakt med tonarmen. Vid monteringen dras skruvarna med förspänning så att polymermaterialet pressar metallskelettet mot pickupskalet. Det gör att man får en oerhört stum koppling, och mekaniska vibrationer transporteras direkt upp i armen.



Här syns metallskelettet som får ett mycket högt tryck mot pickupskalet när skruvarna dras åt.

En del uppskattar en viss inblandning av dessa "små" vibrationer och gör valet av tonarm, matta, tallrik, plint/upphängning och underlag för att berika ljudet med dessa "kryddor". Blir man av med alla vibrationer i vinylavspelnigen kan man kanske uppleva en saknad av just det som för många är själen i vinyljudet.

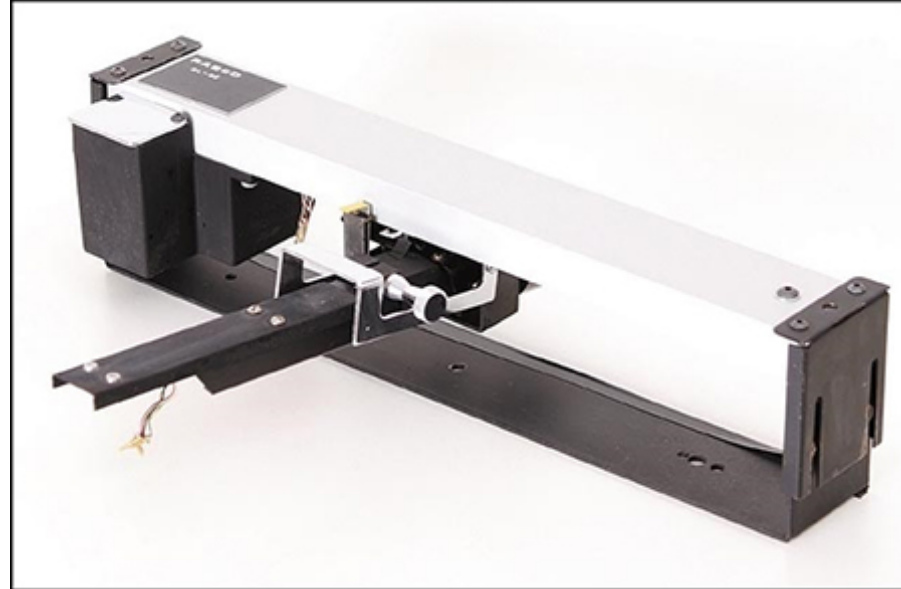
TANGENTIALARMAR

En beskrivning av tangentialarmar sitter långt inne. Ingen av oss som skrivit detta har den rätta erfarenheten. Visst, vi har känt, klämt och lyssnat på både bra och dåliga konstruktioner. Men ingen av oss har ägt en tangentialarm, och har ingen hands-on praktisk erfarenhet av dem.

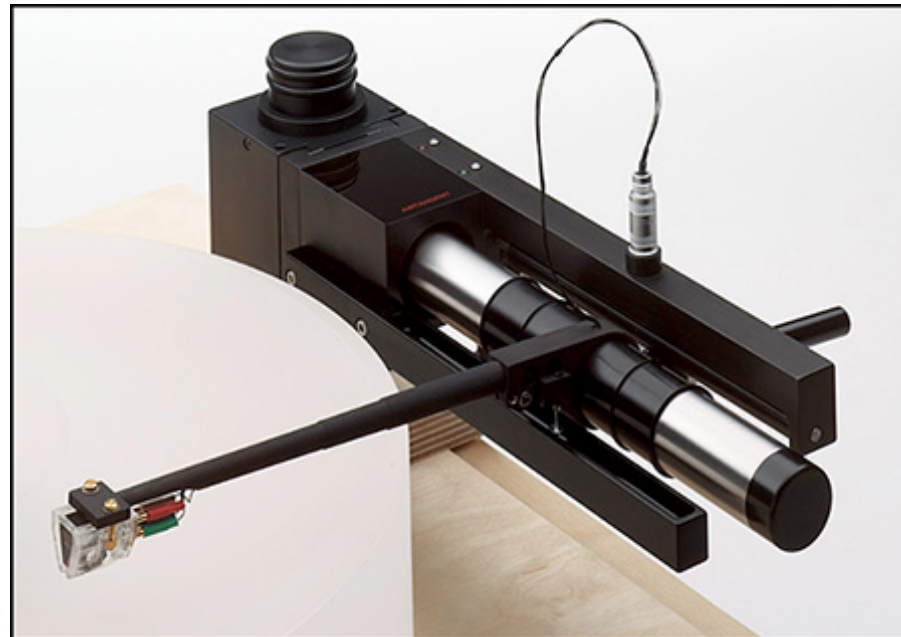
Den stora fördelen med tangentialarmar är såklart att nålen teoretiskt kan spåra linjärt, alltså på samma sätt som graveringen är utförd. En radialarm med normallängd har som vi sett ett varierande vinkelfel kring max 2 grader hur väl den än konstrueras - det är en geometrisk förutsättning. En tangentialarm har teoretiskt sett samma vinkelfel hela tiden, och med perfekt inställning kan det vinkelfelet bli noll.

I praktiken spelar dock en rad andra faktorer in om vi pratar om *perfekt avläsning*. När tonarmen rör sig måste den ge minimal friktion och den får inte vibrera i armrör och lager. Dessa krav är som vi sett inte helt enkla att uppfylla med en radialarm och speciellt under dynamiska förhållanden. Det är än mindre enkelt med en tangentialarm. Det finns

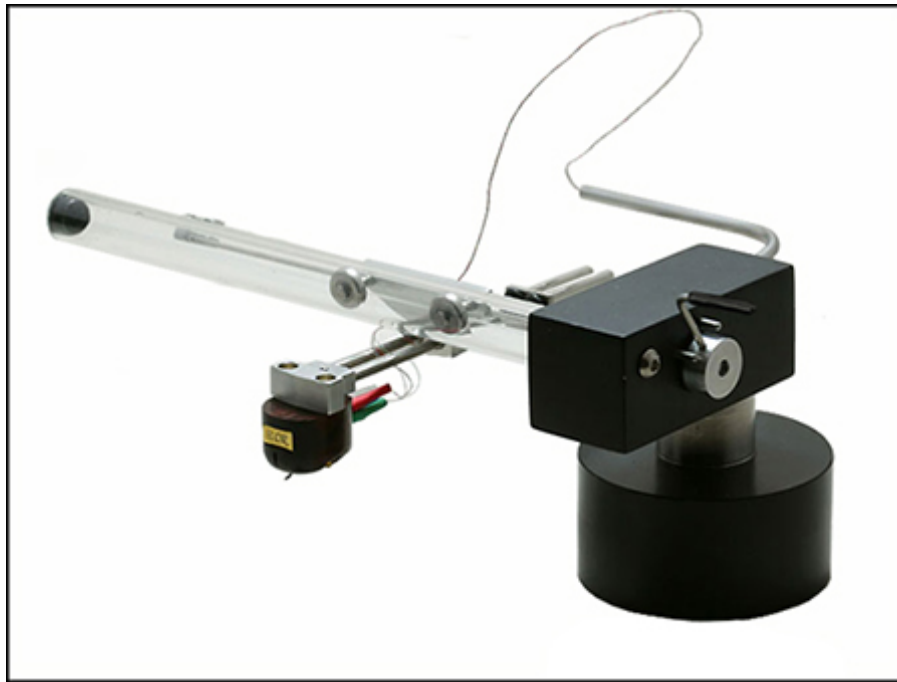
servostyrda tangentialarmar som driver och korrigerar armrörets framdrift. Det framstår för oss som osannolikt att man kan få en robust och korrekt lösning med den tekniken. Det enda som driver fram en mekanisk tangentialtonarm är skatingkraften mellan nål och LP. För att åstadkomma minimal friktion måste det finnas ett spel i armrörets lager. Detta spel ger dels upphov till vibrationer, dels ger det vinkelfel i avläsningen.



Exempel på servostyrda tangentialarm, Rabco SL-8E. Bild: springair.dde

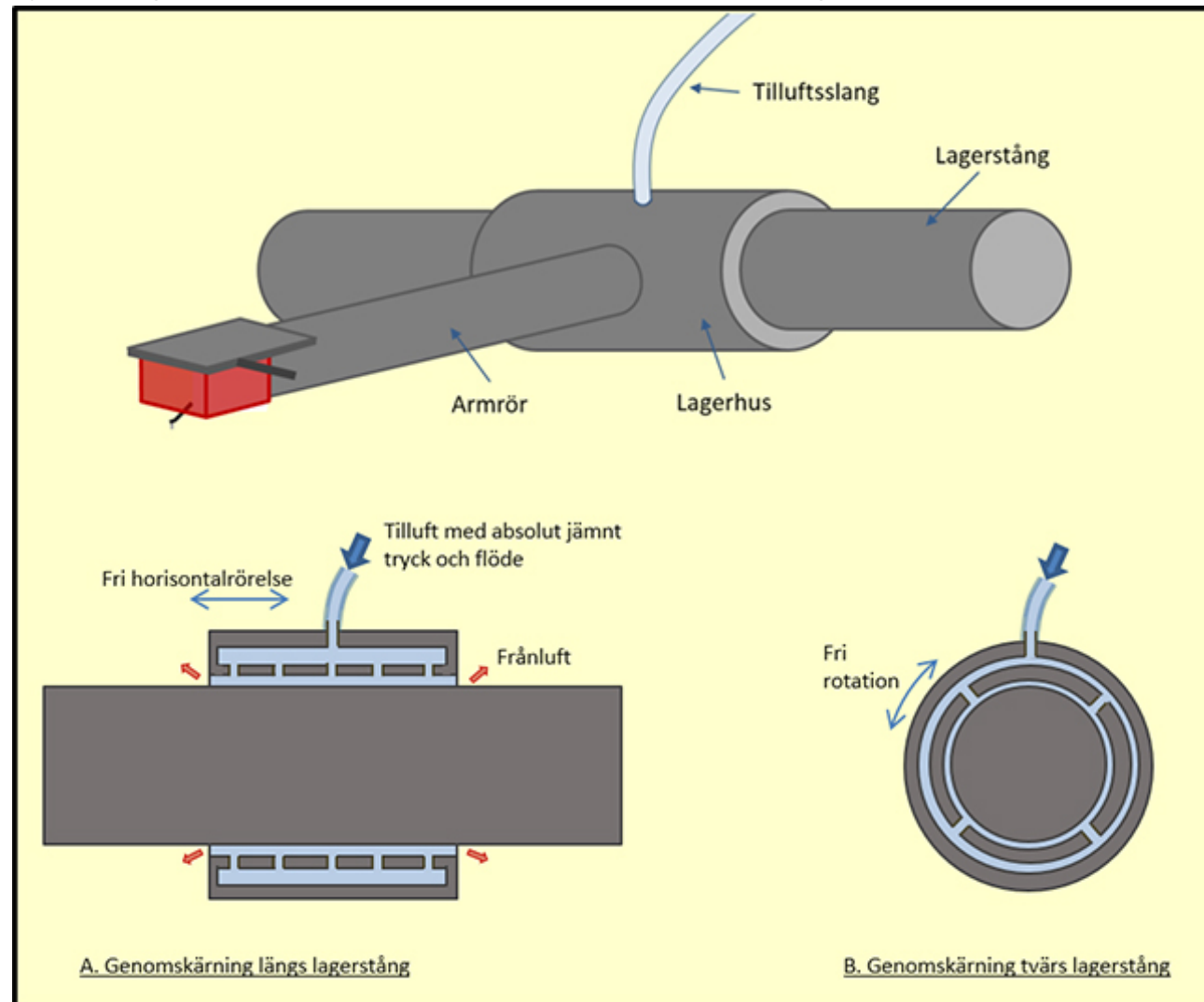


Den svensktillverkade Airtangent Model 2002. Bild: dnaudio.com



Simply Black Cantus, som är en vidareutveckling av Bo Hanssons klassiska modell från Opus 3. Bild: veteranhifi.se

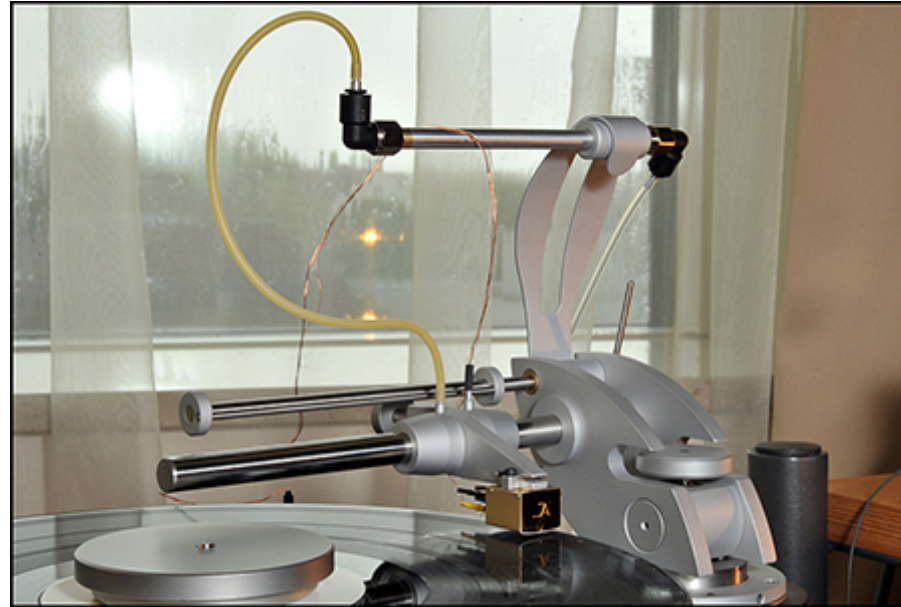
För att minimera friktion och spel i lager är den vanligaste lösningen någon form av *luftlagring*. Detta verkar perfekt under statiska förhållanden. Under dynamiska förhållanden kommer dock luftlagringen att fungera som ett fjädrande lager, och ge rörelser åt alla möjliga håll. Luftlagret måste således vara mycket tunt, i storleksordningen $10\mu\text{m}$. För att skapa lufttrycket behövs tryckluft 😊. Det vanligaste är en tystgående kompressor, en regulator och en ventil som ger några bars tryck och ett lågt flöde ($<1\text{ l/min}$). Luften som trycks in i lagret måste vara ren, torr och helt fri från partiklar, så luftlagrade armar är försedda med luftrenare och filter.



Principfigur för lager i luftlagrad tangentialarm

En luftlagrad tangentialarm kräver en rad genomtänkta lösningar, men löser man dem på ett snyggt sätt så undviker man flera av nackdelarna med en radialarm. Engelsmannen **Simon Yorke** har jämfört traditionella radialarmar (9 resp 12") med sin Aeroarm. Den är mycket kort vilket ger låg effektiv massa och mindre som kan svänga och påverka lagret. Pga den korta längden ger den dock större "VTA-varianter", både pga olika skivtjocklekar och pga buckliga skivor:

	9"-arm	12"-arm	Aeroarm
Effektiv längd [mm]:	235	310	50
Offset-vinkel [grader]:	24	18	0
Överhäng [mm]:	18	13	0
"Flytande" massa [g]:	280	320	68
Effektiv massa:	Medium	Med-Hög	Låg

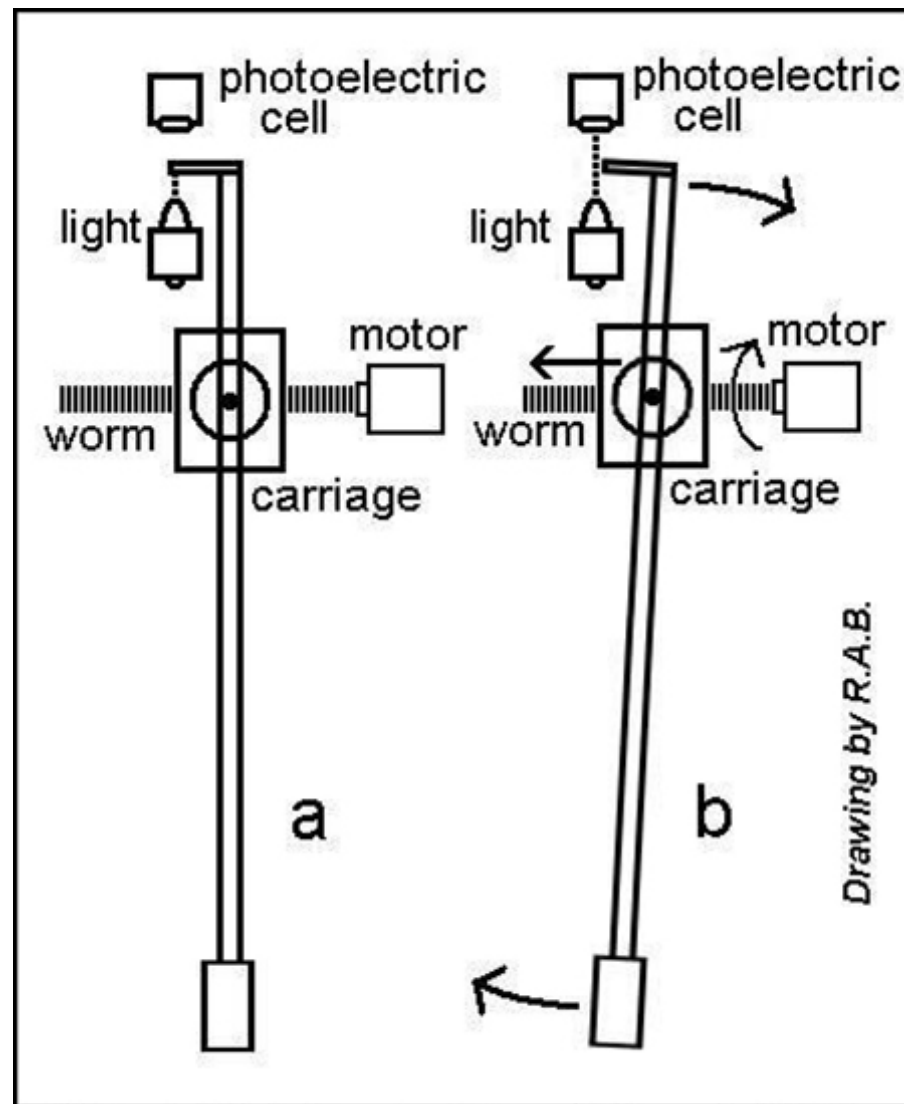


Simon Yorkes luftlagrade Aeroarm



Regulatorn till SYD Aeroarm som ger 1.5 bars arbetstryck och ett flöde av ca 0.5 l/min.

Fransmannen **Pierre Clément** har utvecklat många sinnrika konstruktioner inom vinylavläsning. Här har vi en variant på tangentialarm från 1968 som använder en fotocell för att styra framdriften. Så fort armen avviker från 90 graders position så kommer lampan skärmas vilken ger motorn ström som driver en skruv så att ekipaget drivs mot mitten.



Pierre Clément's patentlösning från 1968. Bild: soundfountain.com

En stor fördel med tangentialtonarmar är att man inte har något som motverkar skating. Det gör att man naturligt får samma tryck på nålens höger och vänster kanal vilket bibehåller kanalbalansen och ger ett stabilt soundstage. Summa summarum: om man får en luftlagrad tonarm friktionsfri och robust, med hög styvhet och låg effektiv massa i armröret, så får man en konstruktion som dynamiskt har goda förutsättningar att ge perfekt avläsning.

calle_jr

Posted October 14, 2016

#6



Admin

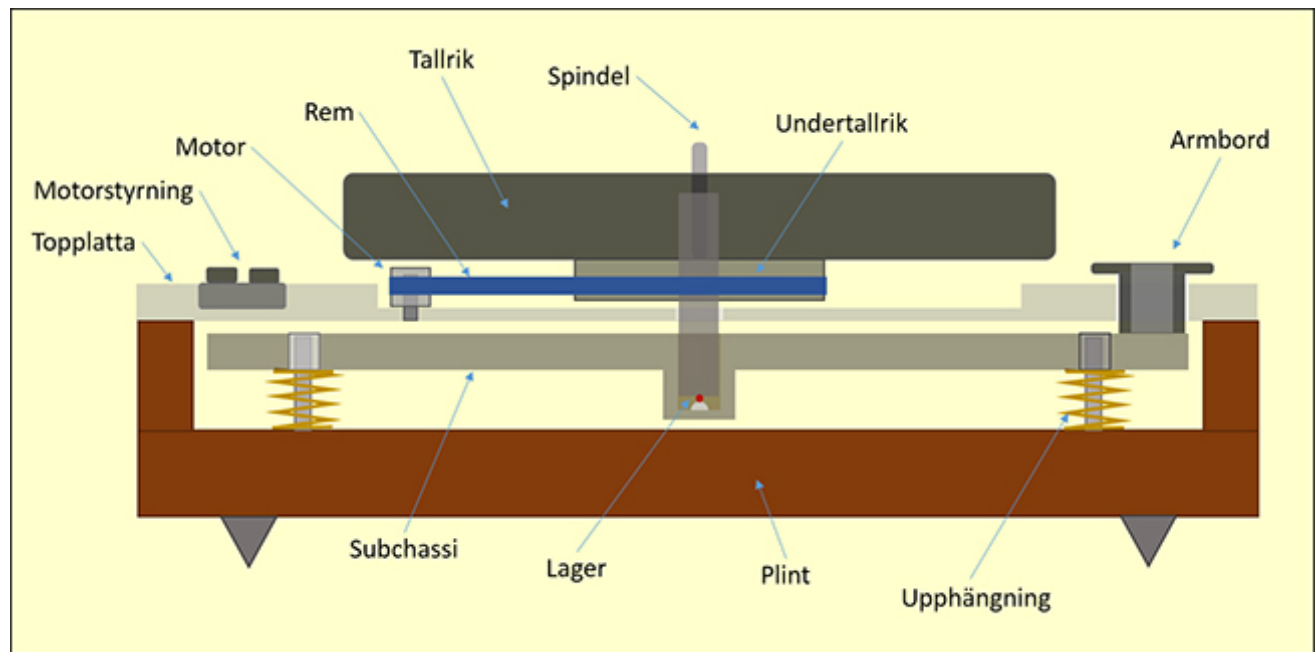
+ 2 230

17 272 posts

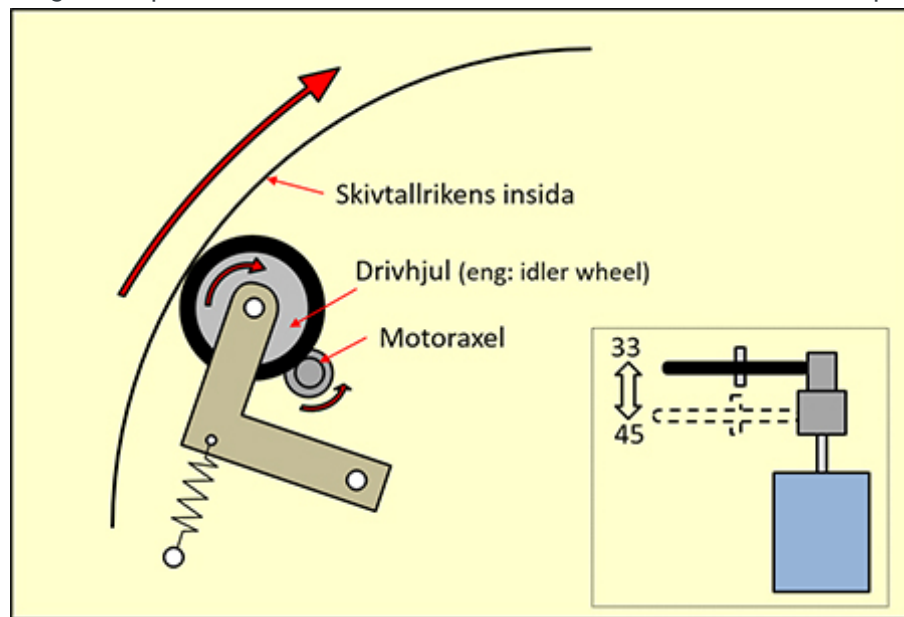
Location:Malmö

5. Drivverk

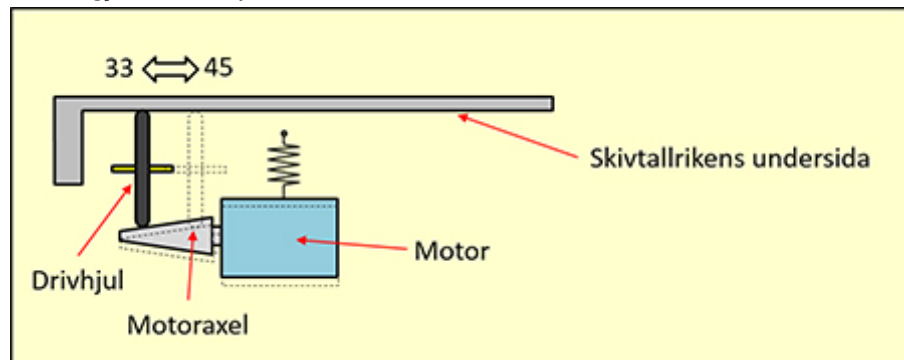
I delkomponenterna till en vinylspelares drivverk brukar man normalt inbegripa plint, subchassi, topplatta, armbord, motor, tallrik och ev undertallrik, motor, lager och drivmekanik. En del drivverk saknar delar av dessa komponenter och en del har andra delar, men såhär ser ett urtypiskt drivverk ut:



En fundamental funktion hos drivverket är drivsättet. Följande illustration visar hur ett drivhjul ligger an mot tallrikens insida. Mellanhjul (idler wheel) var en vanlig lösning hos tidiga skivspelare, framför allt för att undvika att motorvibrationer fortplantar sig till tallriken.



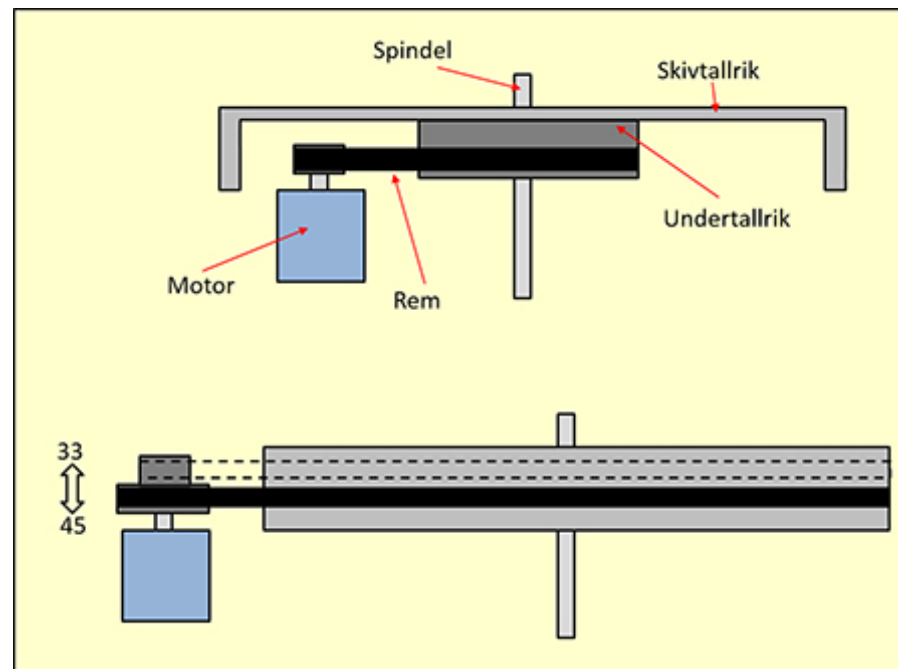
Såhär gjorde man på den klassiska **Lenco L75**:



En lång rad finurliga mekaniska lösningar kom fram, och så småningom utkristalliserades två vitt skilda konstruktionsprinciper för drivverk; remdrift respektive direktdrift.

REMDRIVNA SPELARE

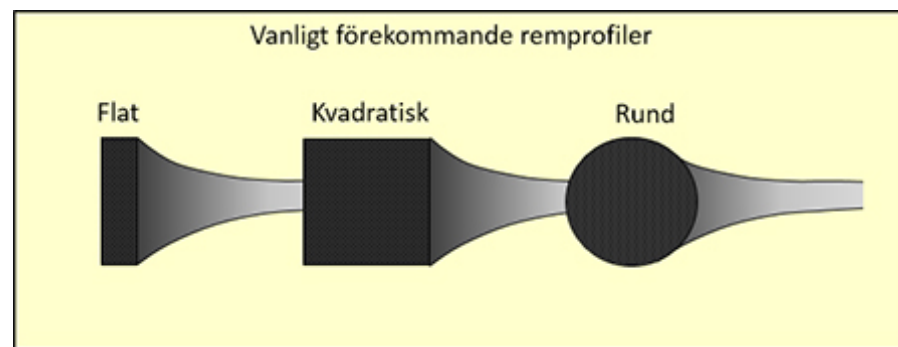
Remdrivna spelare karakteriseras främst av att de drivs av en motor som är kopplad till skivtallriken eller en undertallrik via en rem, så vi börjar väl med själva remmen 😊



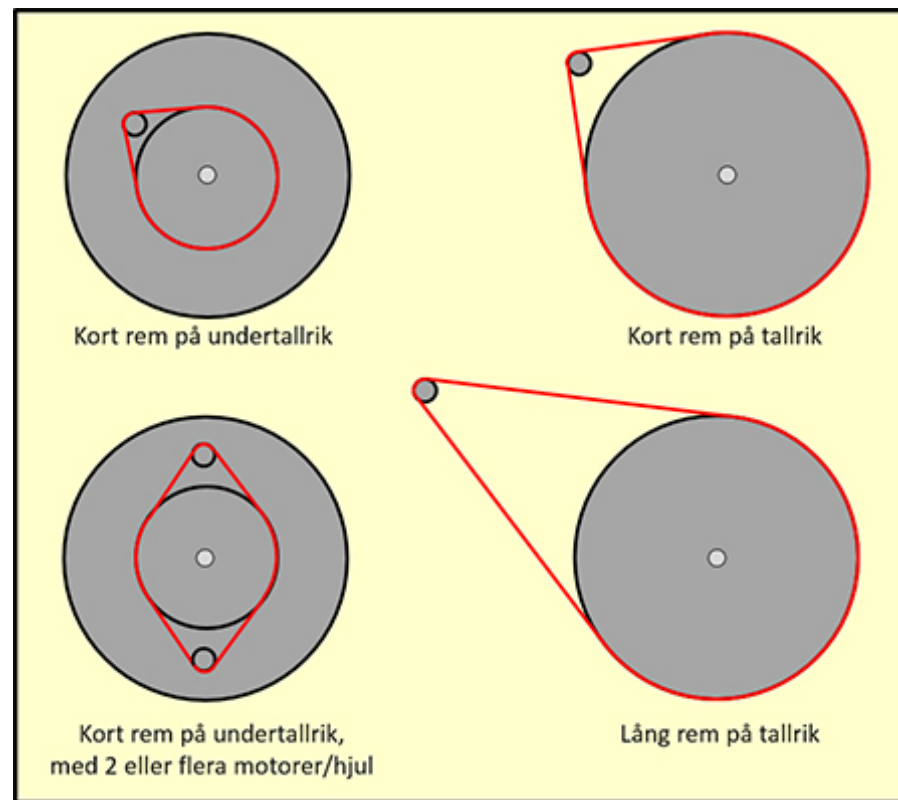
Drivverk med lätt tallrik har ofta en undertallrik som remmen driver med motorn dold. Tunga tallrikar har ofta remmen i underkant mot tallrikens periferi.

Remmen

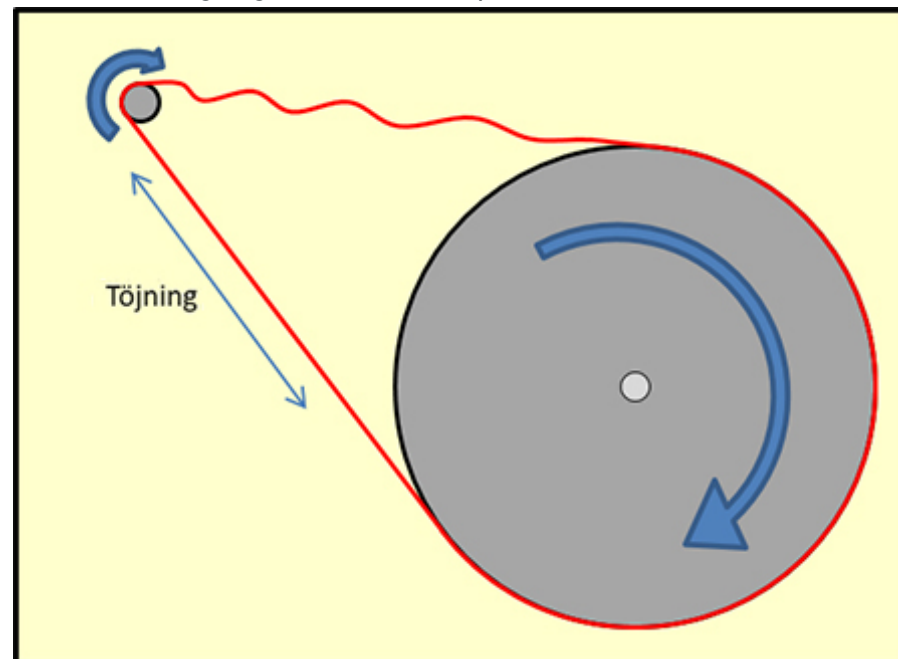
Remmens uppgift kan tyckas enkel, den ska ju bara överföra motorns rotation till tallriken, men problemen är många. Förutom att överföra rotationen ska den även isolera tallriken från motorns ljud/vibrationer. Alla motorer vibrerar på ett eller annat sätt, det handlar bara om hur mycket och på vilket sätt. Remmens uppbyggnad (tvärsnitt och materialval) och geometrin mellan motorns drivhjul och tallrik/undertallrik skiljer mycket mellan olika skivspelare. Det finns nog lika många teorier om detta ämne som som det finns tillverkare.



Vissa tillverkare förordar en så kort rem som möjligt för att motverka dynamisk töjning, andra anser att det ska vara en lång rem för att isolera motorns vibrationer så effektivt som möjligt. Några väljer att lägga remmen på en undertallrik, medan andra lägger den direkt mot tallrikskanten.



Det finns även teorier som säger att remmen inte bör ha kontakt med tallriken och motorns drivhjul på mer än halva sin längd. En kort rem är oftast sämre på att isolera motorvibrationer än en lång, men en lång rem är sämre som momentförmedlare, d.v.s. det blir oftast en viss "gummibandseffekt" mellan motorn och tallriken. En lång och elastisk rem tillsammans med en tung tallrik ger gärna en sträckning av remmen på motorns "dragsida" och ett "slack" på andra sidan. Om remmens "fria" längd halveras så halveras förlängningen om remmen spänns med samma kraft.



Bilden ovan är kraftigt överdriven.

Detta fenomen genererar oönskade vibrationer/dynamiska hastighetsavvikelser och för att minimera dessa väljer många tillverkare att använda en stabilare och mindre elastisk rem, ofta i form av ett förhållandevis stumt snöre. Det är inte ovanligt att motorn är separerad från plinten för att på så sätt kunna justera remspänningen.

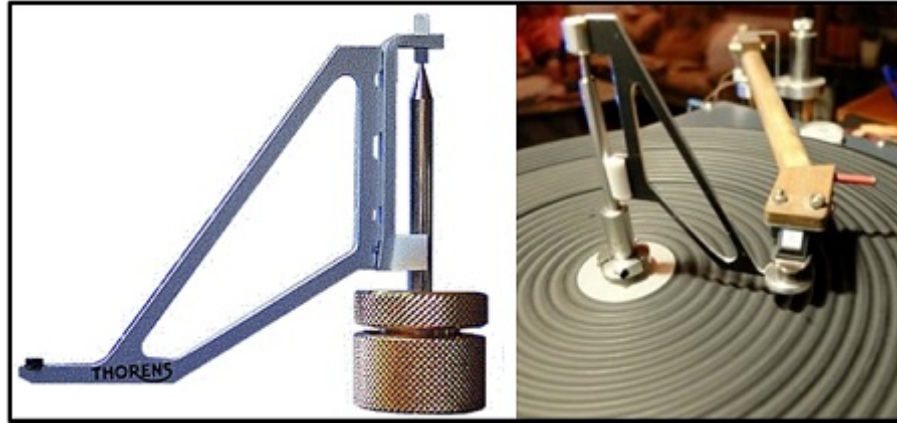
En elastisk rem med cirkulärt eller kvadratisk tvärsnitt kommer att bli oval respektive rektangulär när den trycks mot tallriken. Det gör att remmens pådrivande vridmoment kommer variera. Ytterst marginellt, men dock. En tunn styv tråd eller en flat rem ger inte den effekten. En motor med *ryckig* gång och/eller en felkomponerad kraftöverföring mellan motor och tallrik kan ge ett ganska högt wow & flutter-värde. Både svaj och fladder påverkar tonhöjden och fladder distorderar dessutom toner, speciellt rena toner som piano. En oegentlighet som kommer en gång per varv skapar ett svaj om 0.55Hz för 33-varvare och 0.75Hz för 45-varvare. Man talar även om *Drift* (avdrift) i detta sammanhang även om det sällan anges i skivspelarnas spec utan ingår då som en del av svajet. *Drift* eller *Speed drift* är en lågfrekvent hastighetsvariation (<1 Hz) som oftast genereras av dålig precision vid tillverkningen, ojämn rem, dåliga tallriks/motor-lager, frekvensvariationer på nätfrekvensen eller en inkompetent motorstyrning. Självklart har LP-skivans planhet en stor inverkan på svaj och fladder. Det finns diverse produkter som planar ut ojämna skivor, [exempel 1](#) och [exempel 2](#).

Drift (avdrift) = extremt lågfrekvent hastighetsavvikelse (< 1 Hz).

Wow (svaj)=lågfrekvent hastighetsavvikelse (1 Hz - 10 Hz).

Flutter (fladder)=högfrekvent hastighetsavvikelse (>10 Hz).

Det motorljud som remmen transporterar vidare till tallriken kommer att hittas under mätvärdet för skivspelarens *Rumble* (muller). Rumble är ett samlingsbegrepp för det oljud som samlas i tallriken och där inräknas även tallrikslagret. Rumble mäts med roterande tallrik, men utan musik vilket innebär att alla signalrelaterade vibrationer ignoreras, det är bara mekaniskt oljud.



Thorens modell av jigg för mätning av rumble. Nålen placeras på den lilla "klacken" längst ner till vänster och den lätttrade mässingsklumpen sätts på spindeln.

VPI har kombinerat remdrift med ett slags brythjul. Så här:



VPI TNT V Hot Rod. Bild: Stereophile

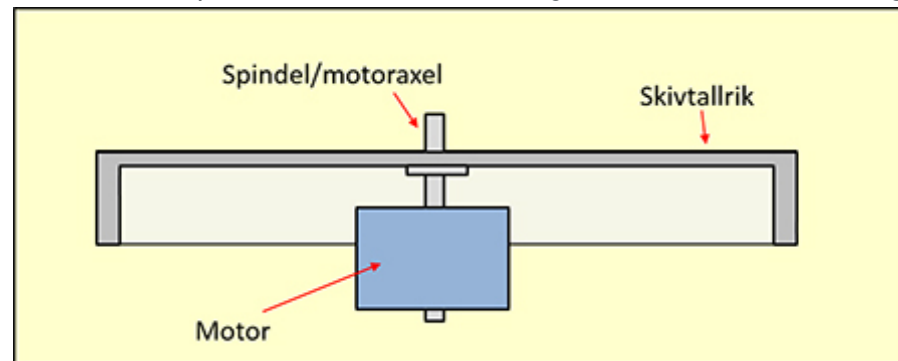
En kombination av lång och kort rem ser vi också på **Simon Yorke Designs Series 7** där man mellanlandar och byter rem. Motorns oljud kommer att dräneras bort via det extra tornet.



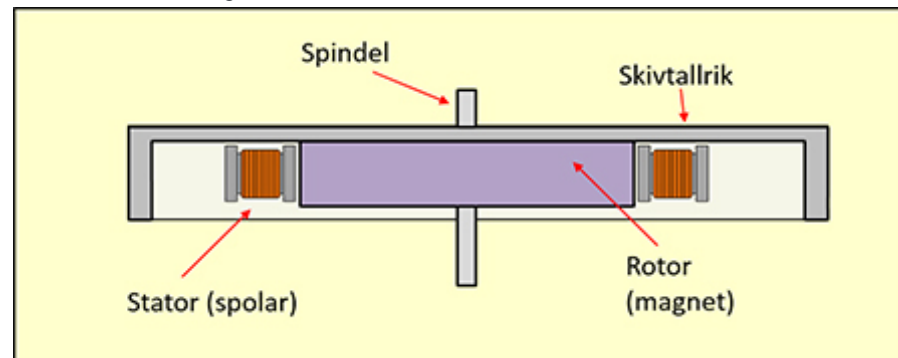
Remdrift med brythjul på en SYD 7. Bild: pinterest.com

DIREKTDRIVNA SPELARE

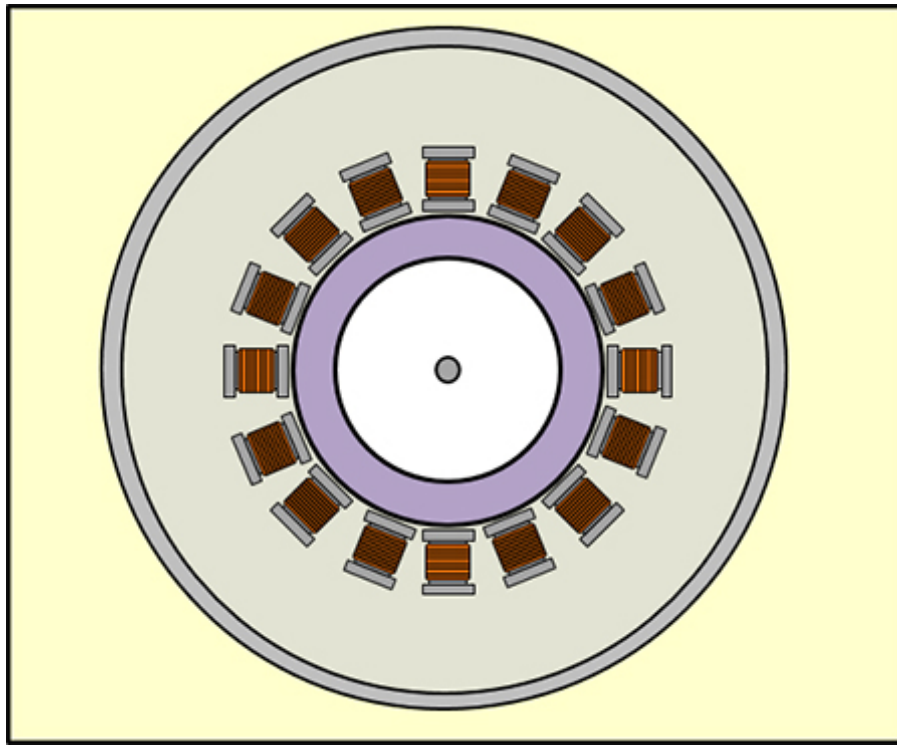
Man kan tillämpa direktdriften med en vanlig motor eller med en lösning där själva tallriken får agera rotor.



Direktdrift med vanlig motor.



Direktdrift där tallriken är rotorn.



Samma bild, men sedd uppifrån. (16-polig motor).

Direktdrivna skivspelare är tyvärr inte lösningen på alla problem vad gäller att få tallriken att snurra med rätt hastighet och så tyst som möjligt. Vissa problem löses, men andra och nya uppstår. En akilleshäla för direktdrivna verk är just att vibrationer från motorn fortplantar sig till tallriken och vidare till pu+tonarm. **Lenco** och **Garrard** utvecklade tidigt olika lösningar med mellanhus för att undvika detta. Ett annat problem som framför allt många av de tidigare direktdrivna spelarna led av var ett högt flutter-värde, men tekniken har utvecklats och motorstyrningen har förfinats. Mer om detta i nästa avsnitt. En av fördelarna är att motorn i en direktdriven spelare har ett högt vridmoment vilket i sin tur gör att den kommer upp i rätt varvtal betydligt snabbare än sina remdrivna kusiner. Det är en egenskap som har prisats av DJ's och radiostationer, men det kanske inte har så stort värde för *audiofilen*.

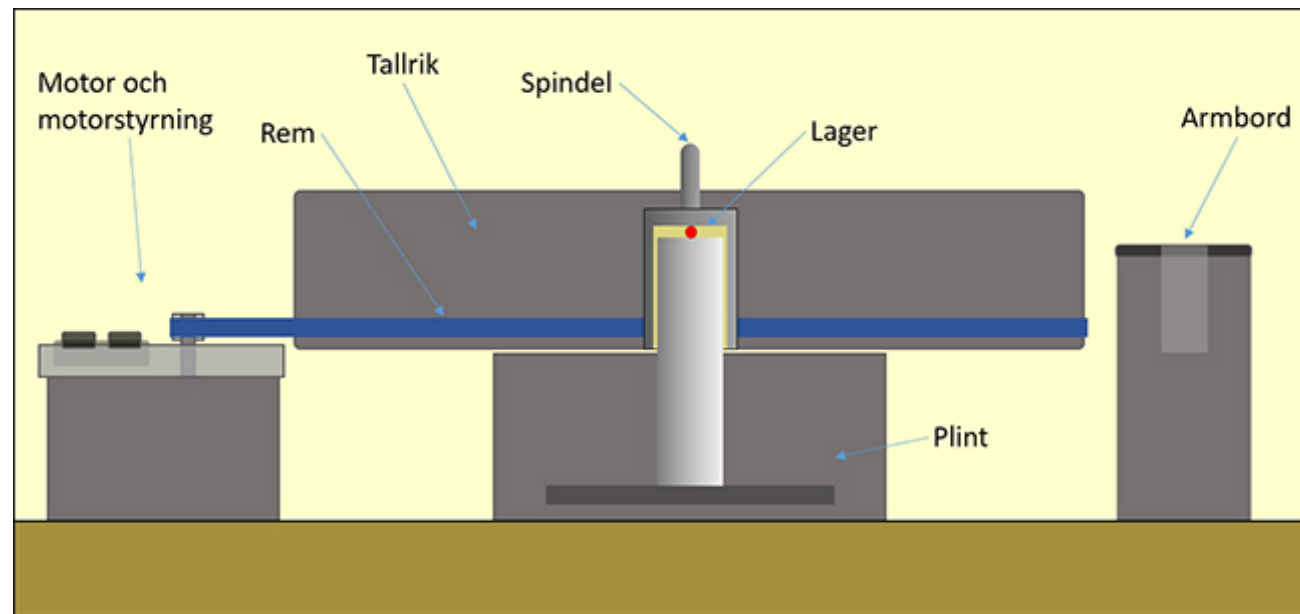
Sammanfattning om drivning: Det finns inget rätt eller fel här heller. Tillverkaren använder den typ av överföringsgeometri som han anser ger bäst resultat utifrån den övriga konstruktionen. Kraftöverföringen mellan motor och tallrik är bara en liten del av helheten och det som fungerar bra på den ena spelaren fungerar kanske inte alls på nästa. Det går följaktligen inte att varken risa eller rosa en spelare utifrån att titta på valet av kraftöverföring. Remmen är en viktig del i kraftöverföringen hos remdrivna spelare och dess egenskaper i form av bl.a. elasticitet och grepp (friktion) kan vara helt avgörande. Att köpa en noname-rem som ersättare till den gamla remmen garanterar inte att du får en rem med rätt egenskaper. Många ersättningsremmar är tillverkade av ett generellt material och det enda som stämmer med originalet är längden. Snåla inte, du kan påverka spelarens prestanda väldigt negativt med fel rem. För direktdrivna spelare är motor, avisolering, fladder och balansering viktigt.

DRIVVERKETS STOMME OCH UPPHÄNGNING

Plintens huvuduppgift är att tjäna som robust fundament till tallrikslagret utan att överföra vibrationer till tallriken. Ett **stelt drivverk** karakteriseras av att tallrikslager och tonarm sitter hårt monterade på samma "platta" (plint) som apparatfötterna är monterade på. Ett **flytande verk** har ett upphängt subchassi där tallrikslager och tonarm är monterade och därmed isolerade från själva plinten. Det kan vara ett stående subchassi (står på fjädrarna) eller hängande (suspended) som på en del spelare från Thorens, Linn mm.

Stelt drivverk

Fördelen med ett stelt drivverk är att man får en fast koppling mot underlaget och systemet LP-tonarm-pu kan arbeta i en fast miljö utan att oscillera i en slags odefinierad rymd.



Det finns dock åtminstone tre utmaningar med detta:

- Underlaget (racket+golvet) är i sig inte vibrationsfritt. Detta gör att man måste avisolera från stomljud som annars fortplantar sig i racket direkt till drivverket, och då såklart vidare till pickup.
- Motorvibrationer. Detta måste lösas av konstruktören, och är en viktig del både för direkt- och remdrivna spelare. Inte bara mellan drivhjul och tallrik, utan även mellan motorns upphängning och tallrikslager.
- Feedback. En spelare med stelt drivverk har ingen avisolering mellan nål och högtalare vilket innebär att den avlästa signalen kan ge rundgång. Knacka på tallriken när du spelar ett tyst spår. Om knackningar hörs ut i högtalarna har du rundgång som bör avisoleras. Självklart inte för att knackningarna hörs utan för att samma typ av vibrationer vid avläsningen kommer ge samma effekt och det kan förutom att det förvränger signalen i värsta fall leda till extrem feedback som skadar högtalarna.

Avisolering av stela drivverk kan potentiellt försämra spelarens prestanda. Vi säger inte att *det är så*, men om ett drivverk är konstruerat för att vara helt stelt uppställt baserat på endera förutsättningar och filosofier, så omkullkastas ju dessa om man ställer dem på fjädring. Man får prova sig fram och diskutera med tillverkaren. Ett tips är att minimera avisoleringen till precis den mängd så man inte hör rundgång. Det brukar ge bäst basåtergivning, tydlighet och dynamik.

Stela drivverk blir normalt bättre med hög massa i plint och tallrik, eftersom det ger en tröghet (motstånd) mot vibrationskällor. Med stor massa och rätt materialval absorberas vibrationer med konstruktionsdämpning (hysteresis). Styva och hårda material transporterar som bekant vibrationer bättre än veka och mjuka, så även här har man en delikat designuppgift i materialkombination där verket ska tillåta fortplantning av vibrationer och absorbera dem så nära kritisk dämpning som möjligt. Ett exempel är Simon Yorke's bottenplatta, som är mycket stum, ganska hög massa och mycket hög konstruktionsdämpning. Stela drivverk är också enklare att få till med remdrift än med direktdrift eftersom motorn då kan frikopplas helt från plinten.



Exempel på stela drivverk. Från vänster Brinkmann Balance, Kuzma Stabi XL, Simon Yorke SYD10. Bilder från resp tillverkare.

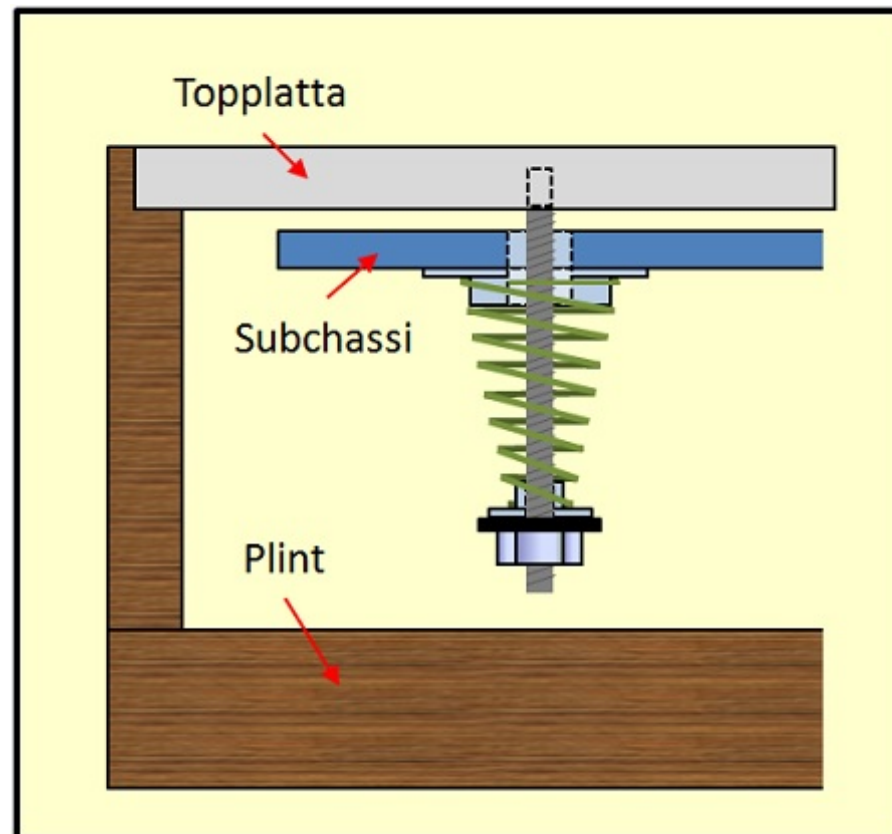
Det finns också föteträdare för låg massa, framför allt Rega, som menar att plinten bör vara så lätt som möjligt för att förhindra att lager- och motorljud fortplantas till tallrik och LP. Man anser på samma vis att tallriken inte bör vara så tung att det inte går att konstruera ett vettigt lager. Det är klart, om man inte adresserar och hanterar dessa egenskaper i konstruktionen, så är det väl bättre att göra ett lätt drivverk och tallrik. All konstruktion är kompromisser mellan för- och nackdelar där inte minst material- och tillverkningskostnader spelar in. Men vi har inte funnit någon ordentlig teori, vare sig från Rega eller någon annan, som på ett tydligare sätt visar de bärande tankarna bakom lätt design. Det förekommer en del uttalanden i Regas marknadskommunikation men det utgör inget underlag för denna genomgång.

Flytande verk

Ni har inte tid, och vi har varken möjlighet eller kunskap att beskriva alla typer av flytande verk som förekommer på marknaden utan vi nöjer oss med en generell beskrivning av de vanligaste.

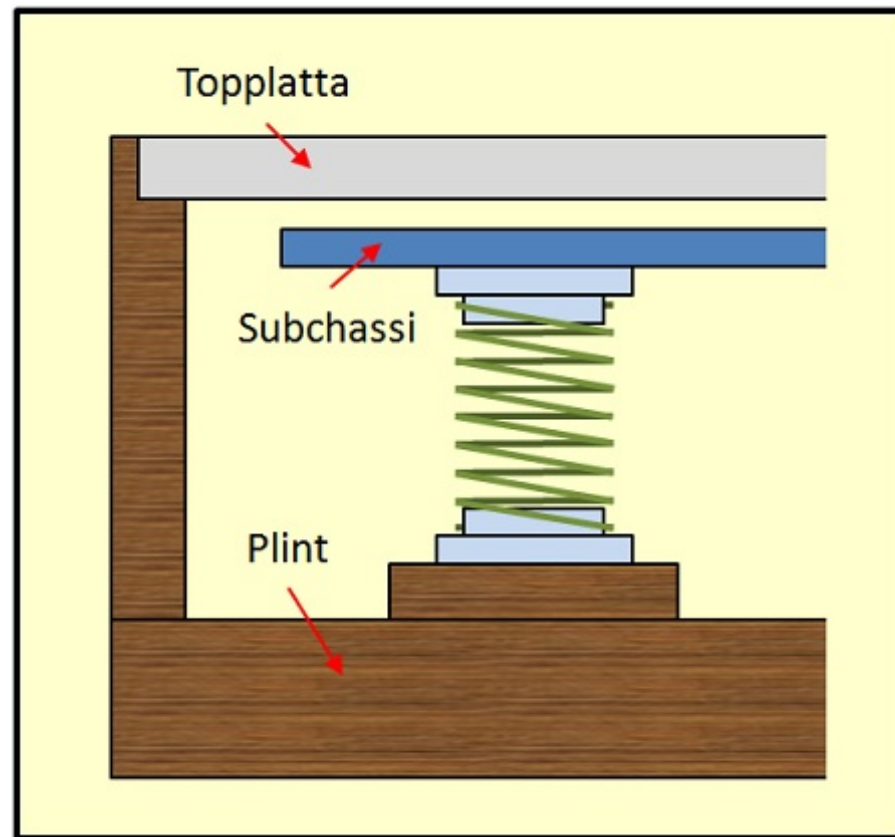
I sin iver att tillverka den perfekta skivspelaren började den ena efter den andra tillverkaren att konstruera verk med ett flytande subchassi där tallrik och tonarm var monterade. Motorn sitter oftast kvar i plinten för att på så vis eliminera ett av de störande momenten vid avspelning, nämligen att motorvibrationerna fortplantades i plinten till tallriken.

Varianterna är många och resultaten skiftande. En del har lyckats över förväntan, men det fanns också de som snubblade innan mållinjen. En av de vanligaste koncepten är att subchassit står på koniska fjädrar som i sin tur står på ett säte upphängt i en bult förankrad i topplattan. Genom att använda en mutter som stopp kan man justera höjden och därmed balansera subchassit till vågrätt läge.



I denna stora grupp hittar vi bl.a. **Thorens, AR** och **Linn**.

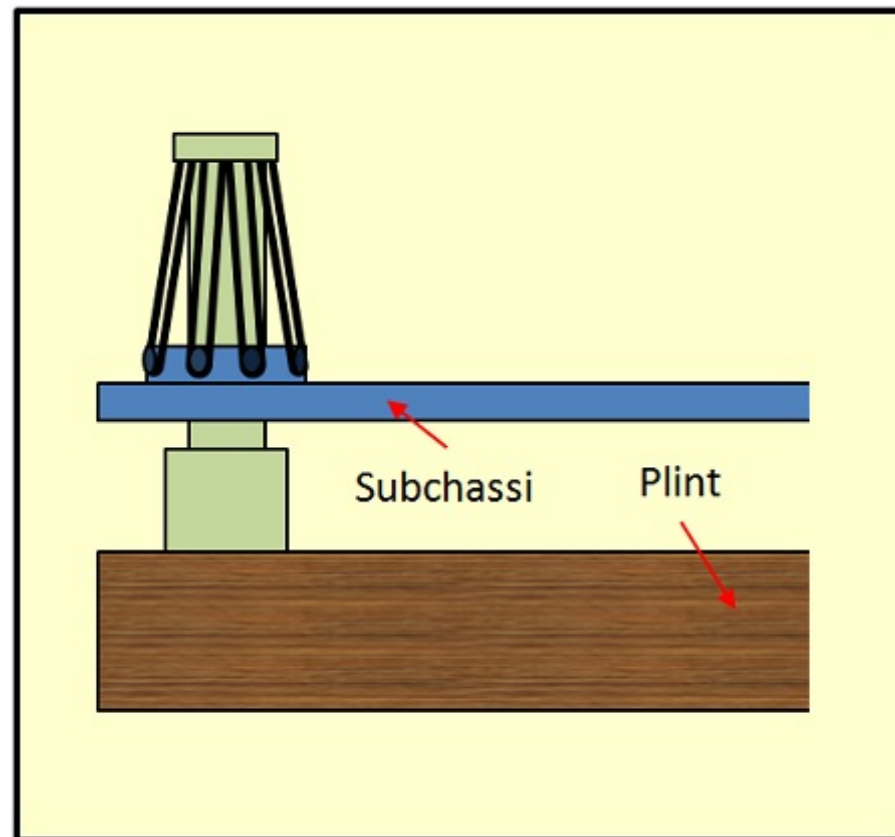
En enklare variant är med tre, eller fler cylindriska fjädrar, ofta utan några justeringsmöjligheter.



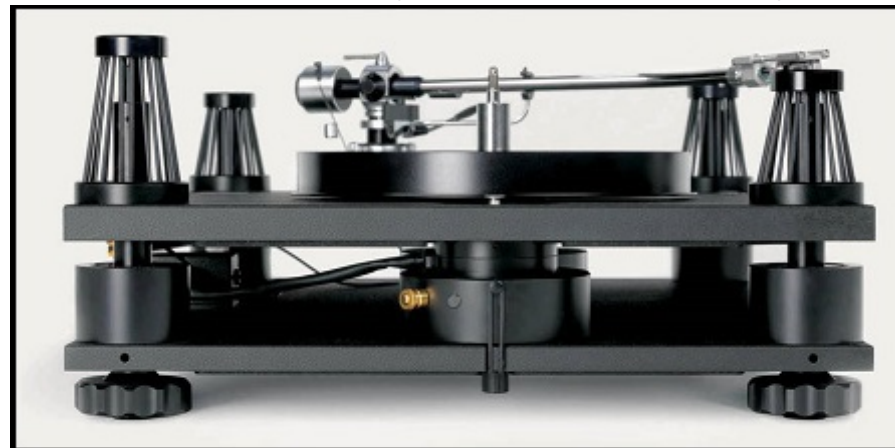
Bilden nedan visar ett fjäderpaket till en **Dual**.



Inte föga förvånande finns det tillverkare som har valt att lösa uppgiften utifrån en helt annan infallsvinkel.



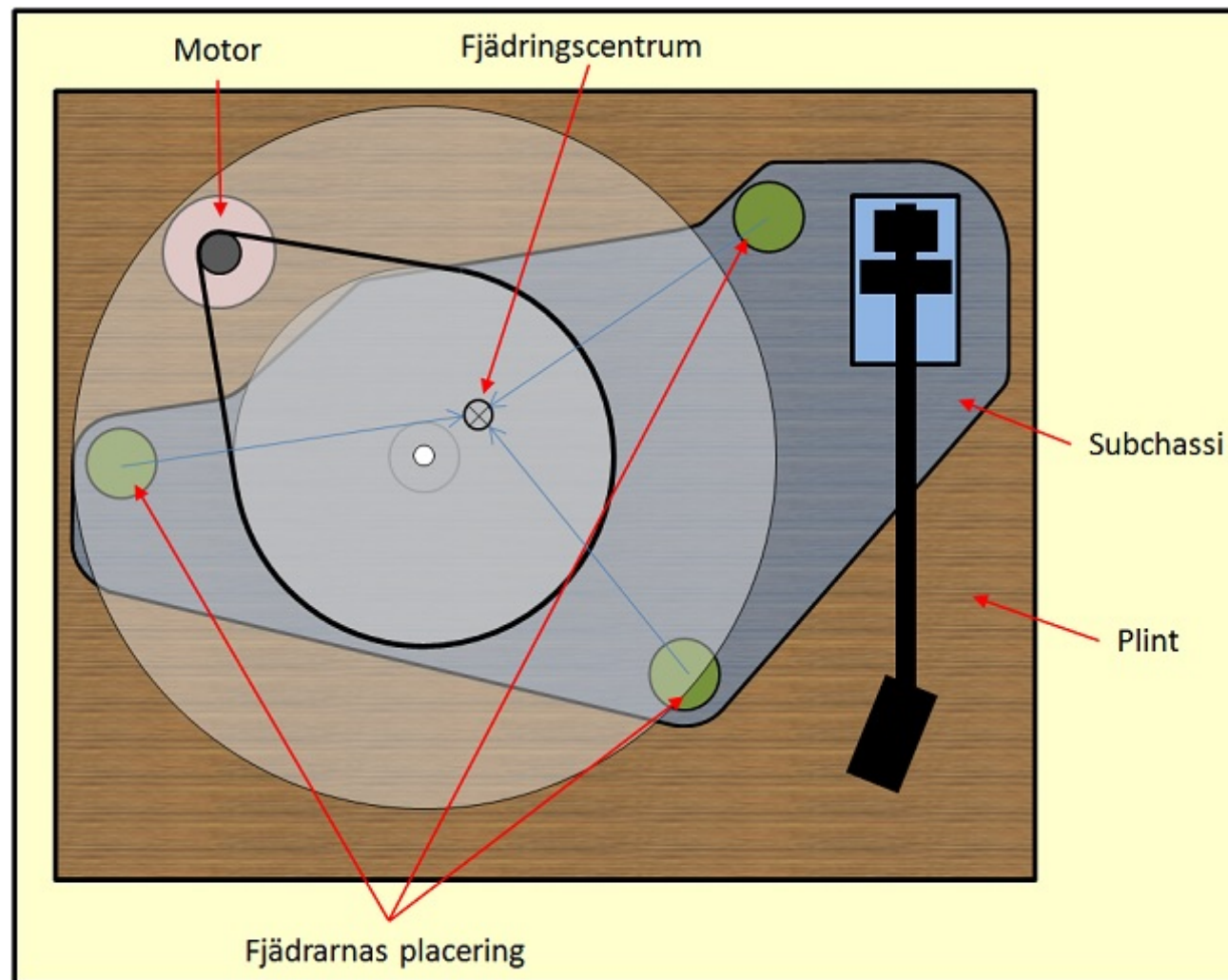
Varför inte hänga subchassit i fjädringen och varför använda fjädrar som alla andra? Vi tar en bild från verkligheten också:



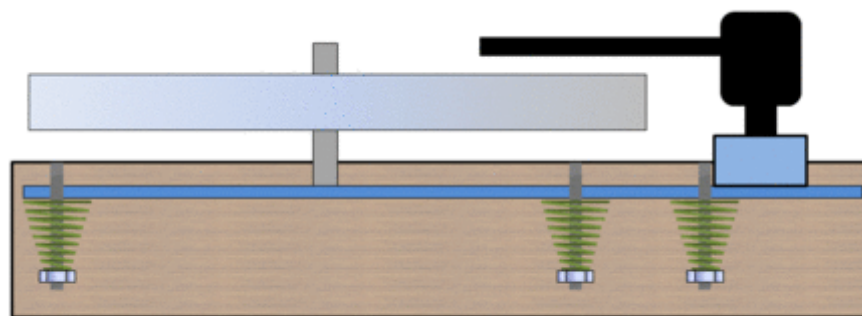
SME 20/12 sedd från sidan. Detta är en enkel och väl fungerande lösning.

Det är lätt att stirra sig blind på olika konstruktionslösningar, men målet är detsamma för dem alla och hur man löst det är kanske inte så viktigt, bara det fungerar. Tyvärr har även den här medicinen biverkningar, det är ett fåtal lösningar som är *fit and forget*, d.v.s. långtidsstabila. Vissa spelare fungerar problemfritt i många år, medan andra modeller behöver samma TLC (Tender Loving Care) och kärleksfulla omsorg som en gammal veteranbil.

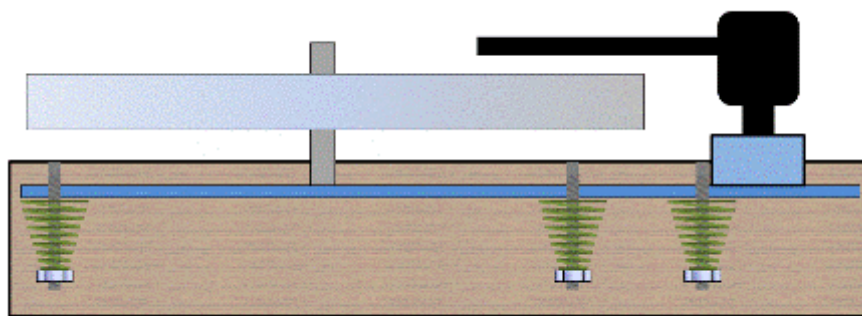
Bilden nedan visar uppbyggnaden av en typisk skivspelare med flytande verk, typ **Thorens**.



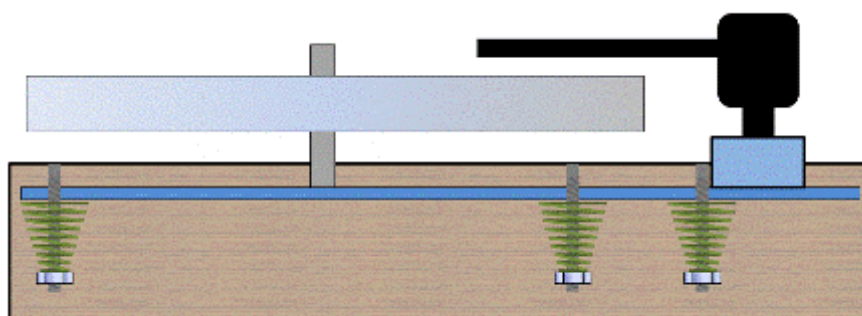
Subchassit i vårt exempel är upphängt i tre fjädrar och fjädrarnas placering är inte slumpmässigt, den är beräknad för att få hela subchassit's tyngdpunkt inklusive tallrik och tonarm så nära fjädringscentrum som möjligt. Subchassits tyngdpunkt kommer därför inte att vara det samma som tallrikens centrum vilket gör att t.ex. en tung skivpuck kan få subchassit att luta, eller gunga osymmetriskt. Ett välbalanserat verk kommer att gunga parallellt med horisontalplanet.



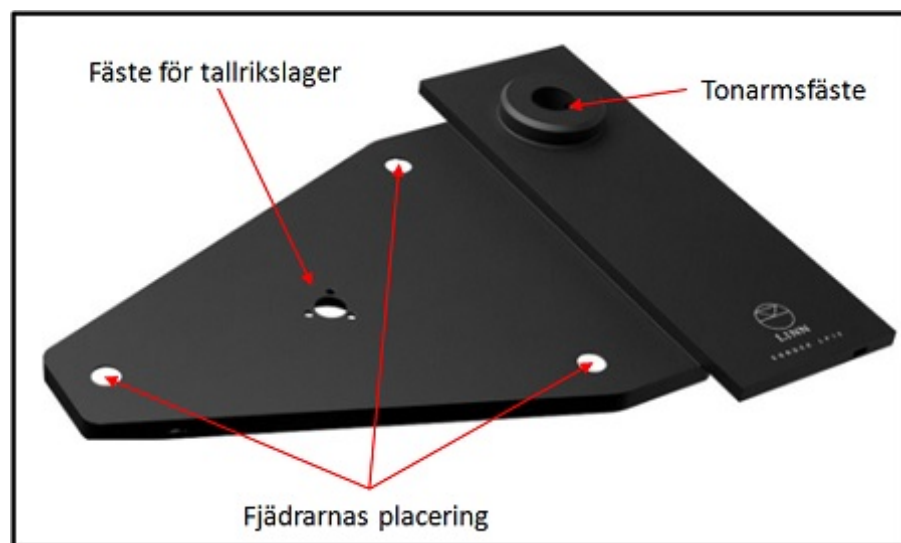
Tyngdpunkten bör vara ganska nära tallrikens centrum så att de tre fjädringarna kan ha samma styvhet och ungefär samma belastning. Annars kommer verket bete sig konstigt i drift, även om det är perfekt i våg när det står stilla. Ett sned- eller felbelastat verk kan äventyra fjädringen på många sätt. Worst case är nog när höger och vänster sida börjar *jucka* i mottakt.



De flesta flytande verk behöver kontrolleras/justeras emellanåt och det finns mängder av instruktioner på nätet hur man ska gå tillväga, så det tar vi inte upp här. Det är extremt viktigt att plinten på ett flytande verk verkligen står i våg annars kommer subchassit att driva iväg åt den lägsta punkten. Har skivspelaren stått felaktigt uppställd med tallriken monterad under en längre tid kan det till och med ha gått så långt att subchassit tar i någon/några av fjädrarnas upphängning. En eller flera upphängningspunkter har då *fastnat* och slutat gunga.



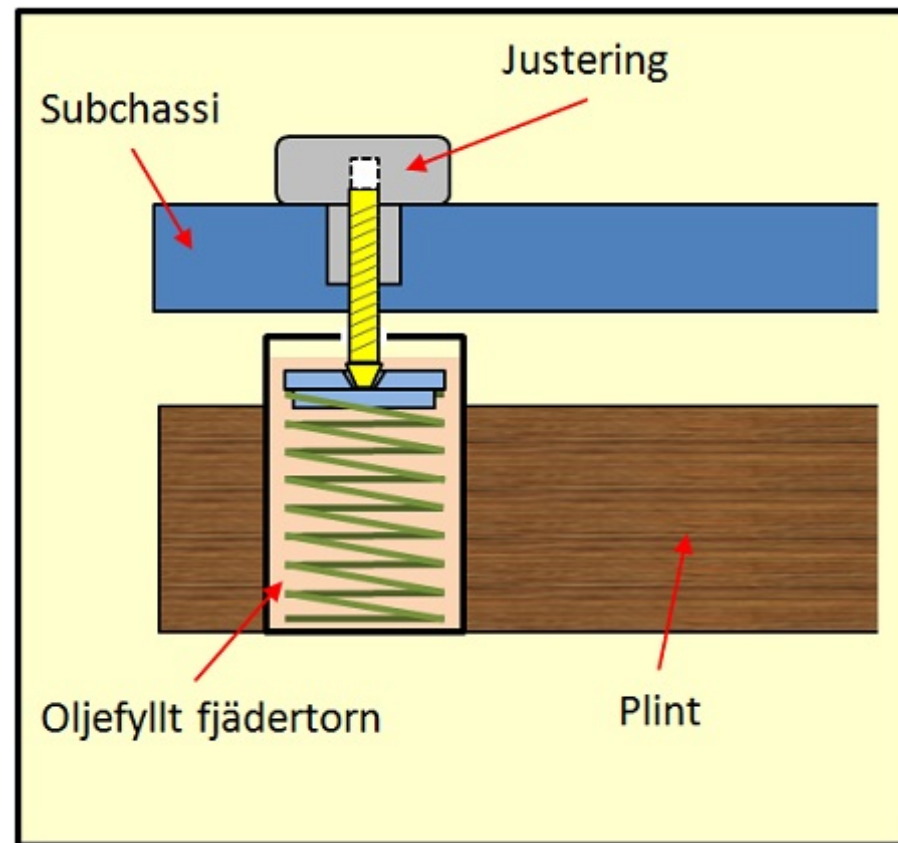
Fjädringen/upphängningen kommer därmed inte att fungera som det är tänkt och en service behövs verkligen. Subchassit kan se ut på många vis, men funktionen är densamma.



Subchassi till en Linn LP12

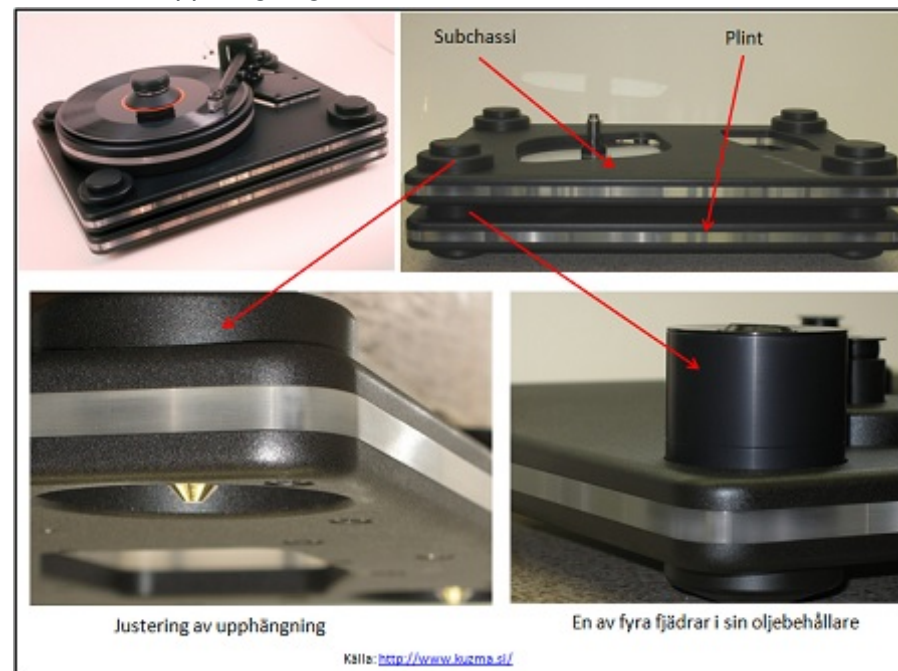
Den beskrivna typen av verk kan med tiden ändra beteende även om de står perfekt i våg. Vi tar **Thorens TD 16x**-serien som ett exempel. Thorens har dämpat fjädringen med en bit skumgummi inuti fjädern, inget varar för evigt och definitivt inte skumgummi. Det kan antingen ha sönderfallit i sina minsta tänkbara beståndsdelar eller krympt och stelnat till en oformlig klump. Oavsett vilket har det påverkat fjädringen. Det vanligaste är att skumgummit har vittrat sönder och lämnat fjädringen helt odämpad och spelaren har blivit nervös i sin upphängning. Ett mindre stabilt golv/möbel kan medföra att man får åla sig fram till skivspelaren för att pickupen ska vara kvar i spåret. Har ni kört en bil med defekt stötdämpning förstår ni vad vi menar.

Det finns tillverkare som har utvecklat en mer eller mindre sofistikerad dämpning av subchassits rörelser. Vi kommer bara att visa ett exempel och vi väljer Kuzmas oljedämpning.



Förenklad bild på Kuzma's lösning.

Fjäderkoppen är fylld en trögflytande silikonolja som effektivt dämpar fjäderns rörelser utan att påverka avkopplingen. Med hjälp av fjäderns och oljans beskaffenhet kan man stämma av upphängningen till önskvärd frekvens. **Kuzma** har valt att lägga sig på 2,2 Hz.



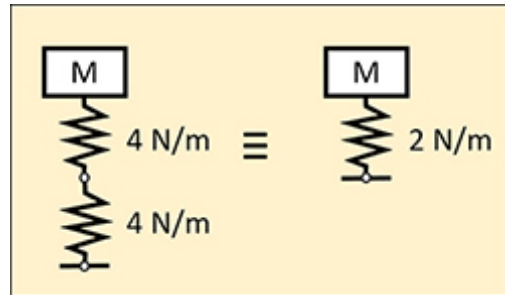
Ett kollage av bilder på en Kuzma Stabi Ref.

Som synes har Kuzma valt att göra hela den övre plattan som subchassi och på den sitter spindel och tonarm monterad. På den undre plattan, plinten, sitter de fyra fjädertornen, motorerna och fötterna.

Det finns även lösningar med fristående stöddämpare av biltyp (fast mindre), magnetisk dämpning enligt virvelströmsprincipen och mer eller mindre avancerade varianter av friktionsdämpning (typ en bit skumgummi inuti fjädern).

Upphängningen dimensioneras för att så effektivt som möjligt avisolera för vibrationsspektra som kan påverka pu+tonarm, och de bästa drivverken är avisolerade vid 5 Hz eller därunder. Man bör ligga klart under pu-tonarm-resonans (7-12 Hz), men kanske inte så lågt som 0.50-0.75 Hz eftersom ojämna skivor då riskerar sammanfalla med harmonisk svängning. Åtminstone inte om fjädern är odämpad. Många kombinerar fjädern med dämpning, exvis att fjädrarna är inkapslade i olja eller att upphängningen är en kombination av olika elastiska material som samtidigt konstruktionsdämpar. Ett upphängt verk med väldigt låg avisoleringsfrekvens påverkas inte alls så mycket av vilket

underlag den ställs på. I övrigt gäller *konstruktörens filosofi* i minst lika hög upphängda drivverk, eftersom upphängningen är dimensionerad så att drivverket inte ska exciteras varken horisontellt eller vertikalt. Om man ställer ett upphängt verk på mjuka kopplingar får man ett system av seriekopplade fjädrar:



Till vänster två seriekopplade fjädrar med styvhet 4 N/m. Till höger en fjäder med 2 N/m ger samma hoptryckning.

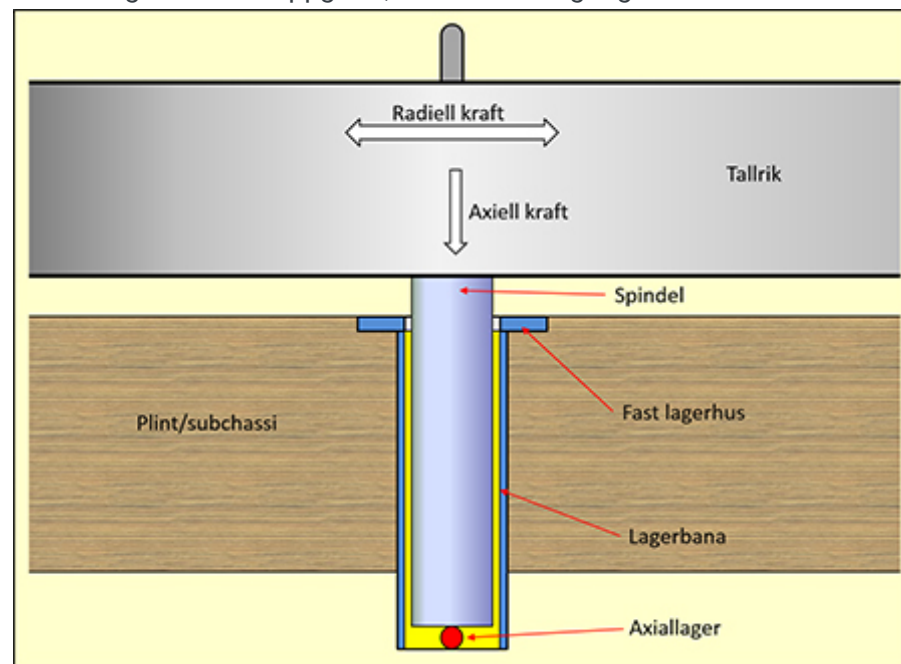
Mekanisk styvhet är alltså analogt med elektrisk konduktans, dvs det reciproka värdet av motstånd. På samma sätt är mekanisk komplians analogt med elektrisk resistans. Två fjädrar på vardera 4 N/m i serie ger 2 N/m för hela systemet. Med samma massa sänks egenfrekvensen med en faktor 0.7 ggr ursprunglig egenfrekvens. Med flera mjuka

kopplingar i serie kan totala styvheten k_{TOT} beräknas från: $\frac{1}{k_{TOT}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_N}$.

Sammanfattning: De flesta flytande verk kräver en viss form av tillsyn för att prestera sitt optimala och ett *misskött* flytande verk gör ingen lyssnare glad. Har man inte själv förmåga eller intresse att pyssla om sin spelare så finns det gott om kunnigt folk att anlita. En service kostar inte en förmögenhet och det blir faktiskt mycket roligare att umgås med en väl fungerande skivspelare.

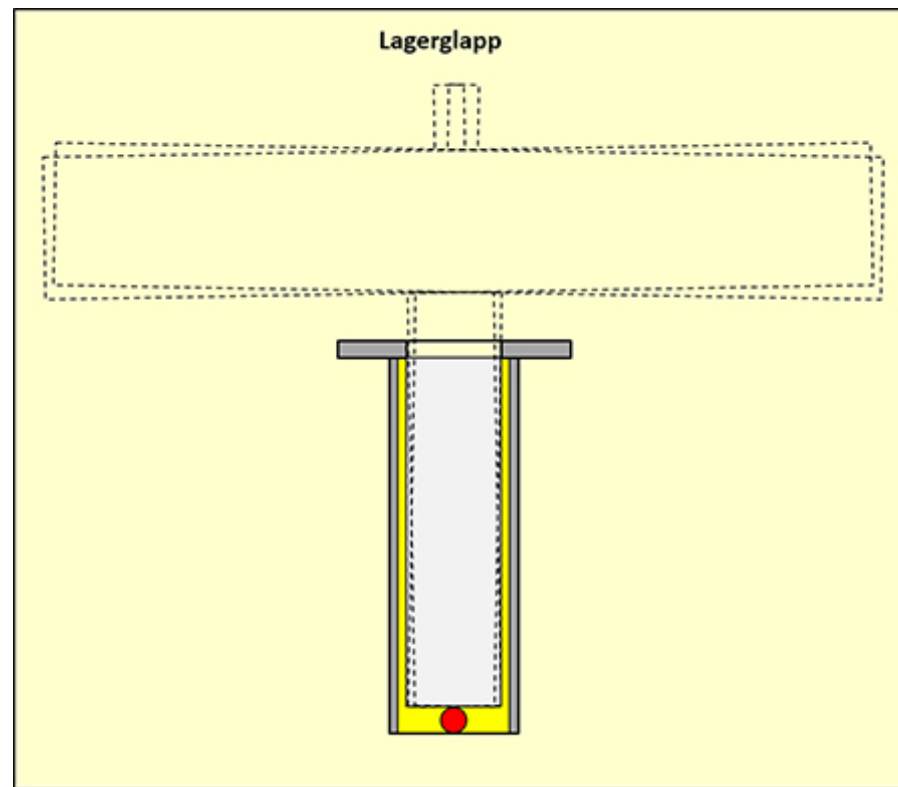
TALLRIKSLAGER

Tallrikslagret har två uppgifter, den radiella lagringen och den axiella.

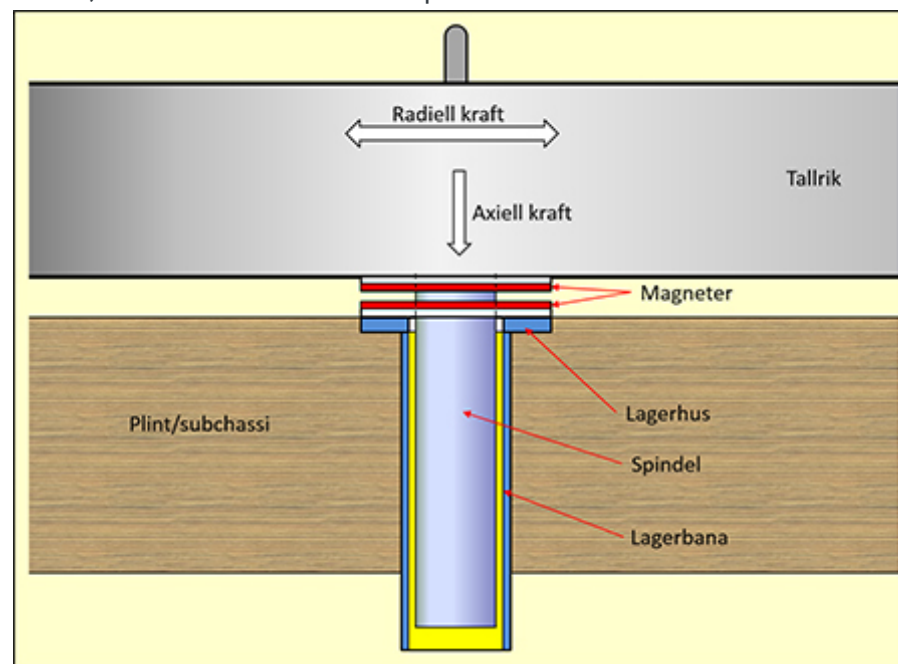


Den radiella lagringen är viktig eftersom den ser till att tallriken alltid ligger i våg under pickupen. Det behövs inte mycket glapp vid spindeln för att ytterkanten på skivtallriken ska avvika från horisontalplan. Remspelare med en motor har en betydande övervikt av den radiella kraften åt ett håll, remmen drar ju tallriken mot motorn.

Spelare med två eller fler motorer lider inte så mycket av denna ensidiga kraft. En direkt driven spelare drabbas inte av detta problem, men en obalanserad tallrik ger en *roterande lutning*, och det uppstår dessutom knepigheter vid pickupinställning.



Den axiella lagringen ska ta upp tallrikens statiska vikt och tillåta den att rotera utan friktion och framför allt utan missljud. Här hittar man många lösningar med allt från en kula av t.ex. stål, keramik eller rubin, via pyramider till olika lågfriktionsplaster typ teflon. Det finns en del tillverkare som använder magneter för att ge en beröringsfri axiallagring. Smart, men det ställer stora krav på konstruktionen.



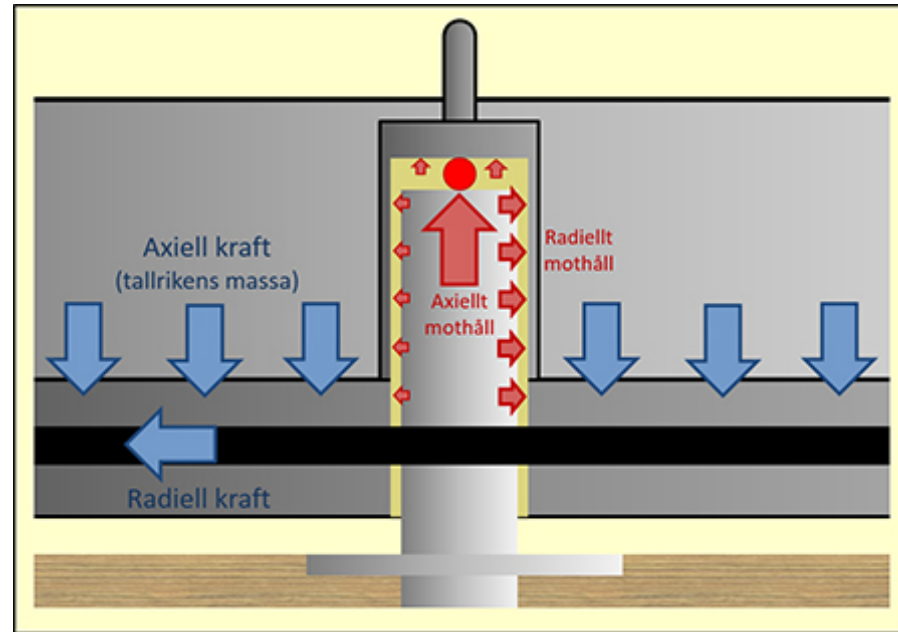
Rör sig tallriken upp/ner på grund av olika tyngd på skivan eller användandet av en skivpuck/klämma kommer pickupens läge i förhållande till skivan att påverkas. Inte bra! Många kör inte helt beröringsfritt utan låter spindeln vila lite försiktigt mot t.ex. en kula och då kan man säkerställa tallrikens läge i förhållande till pickupen. Det finns några tillverkare som har använt luftspalt istället för magneter. Principen är densamma som för magneterna men kräver en kompressor också. Den lösningen är inte så vanlig så vi går inte djupare än så.

Nästan alla skivspelare använder radiella glidlager men av olika material och utförande.

De flesta bygger dock på att en oljefilm centrerar axeltappen i lagerhuset utan någon metallisk kontakt mellan spindel och lagerbana. Det är bara i vila som lagerkontakt kan ske och så fort tallriken börjar rotera centreras den av oljan.

Oljan är dels till för att minska friktionskoefficienten när tallriken roterar (glider), dels för att fördela mothållet mot remmens kraft. Mothållet ger ett visköst reaktionstryck mot en mycket större yta än vad man kan uppnå med anliggningsstryck mellan två fasta material. Oljan bär lagret radiellt. Ett lager av denna typ utförs med ett minimalt glapp mellan spindel och lagerhus. Oljan ska fylla ut glappet, och med rätt viskositet kommer rotationen ge vidhäftning och ett visköst tryck som fördelar sig ganska jämnt mot lagerhuset.

Både tid och användning (antal 100-tusentals varv) påverkar hur länge en olja håller sin spänst. Helsingetiska oljor degraderas inte så snabbt som en mineralolja. Många undrar över mängden olja. Vi kan inte komma på en konstruktion där för många droppar har skadat. Det enda som händer är att överflödig olja rinner ut. Så hellre för mycket än för lite.

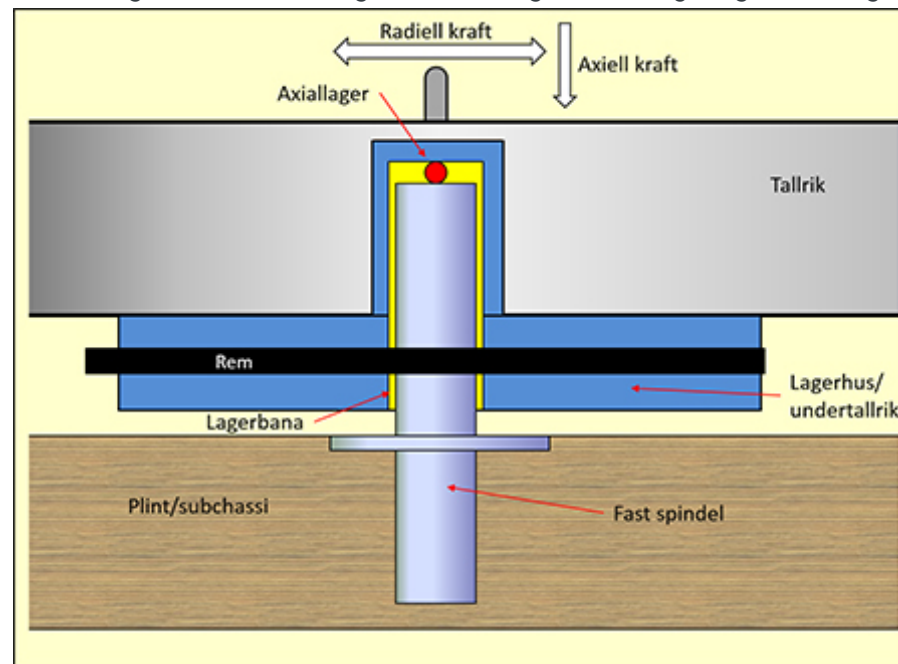


Tallrikens massa, remkraft och eventuella snedbelastningar rättas upp till ett jämnare tryck mot lagerhuset vid användning av rätt olja.

För att lagret ska fungera som det var tänkt är det viktigt att välja rätt olja. Kanske inte så mycket vad gäller den kemiska sammansättningen som viskositeten.

Frestas inte att bara ta en olja vilken som. Kontrollera åtminstone att du väljer en olja som är så nära originalet som möjligt. Bara för att oljan du *har liggande* kommer från en skivspelare innebär det inte att det är rätt olja till alla skivspelare. Det säljs *Universal lagerolja till skivspelare* på Ebay och det utlovas fantastiska resultat. Den kan säkert fungera till många skivspelare, men garanterat inte till alla. En del har olja tunn som diskvatten och andra kräver en olja som mest påminner om sirap.

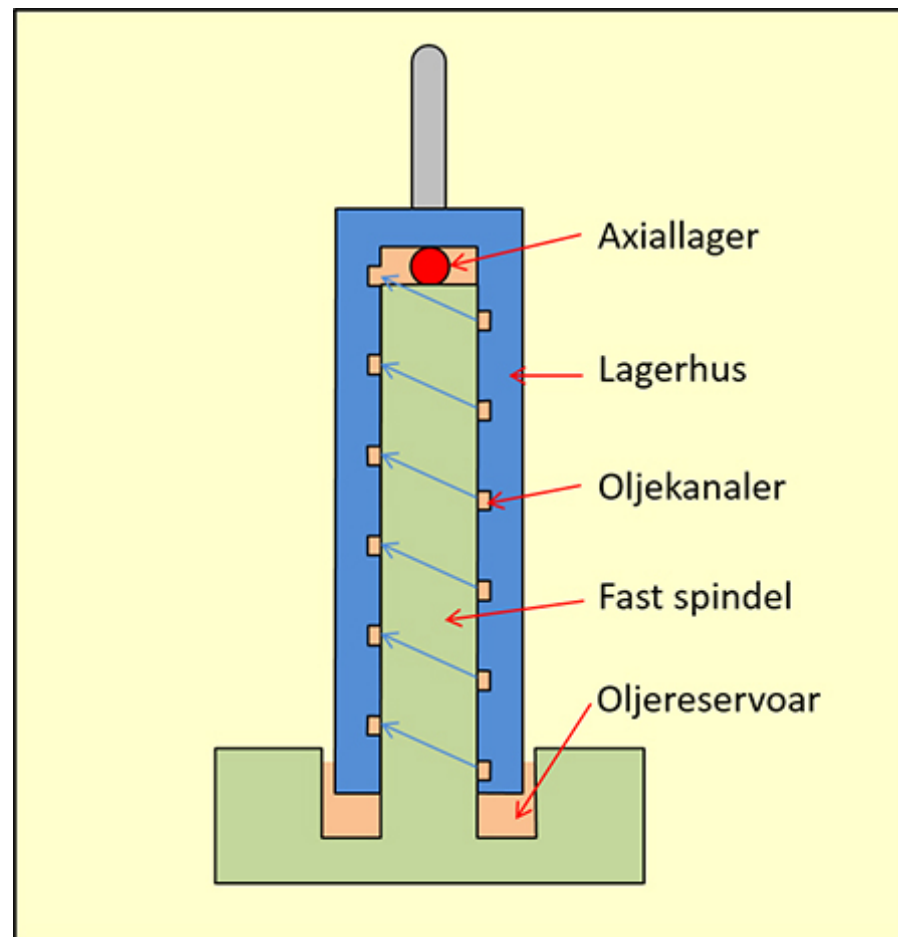
Man kan generellt dela in lagren i två kategorier; *Vanliga* lager med lagerhuset i plinten enligt ovan och det inverterade lagret. Här är en illustration av ett inverterat lager:



Inverterat lager. Bilden ovan är bara ett exempel, alla spelare är inte byggda så här.

Från början var i stort sett alla skivspelare utrustade med lagret monterat i plinten och axeln fast monterad på tallriken. Det är framför allt skivspelare med lite tyngre tallrikar som tjänar mest på ett inverterat lager. Lagringen sker där vikten finns och på ett konventionellt lager blir det en lång *hävstång* nere ifrån axiallagret och upp till vikten. Problemet med inverterade lager har alltid varit smörjningen, men det finns flera olika lösningar i dagsläget.

En tung tallrik som drivs med rem bör ha remmen placerad i underkant för att minimera hävarmen från horisontalkraft på lagerskaftet, vilket kan få tallriken att svaja.



Inverterat lager med oljekanaler.

Den vanligaste lösningen är ett *gängat spår* eller en spiralformad oljekanal som går från botten och upp till toppen på lagret. Lagerhusets rotation drar med sig oljan upp. Här är det viktigt att använda olja med rätt egenskaper annars fungerar inte denna *oljepump*.

2.00302. Which oils are used in Kuzma turntable's bearings

Car engine oils are generally used as they last a long time and possess the correct properties. The most important factor is viscosity which is expressed as a number, where the last two digits indicate viscosity at normal temperatures. The first two digits indicate viscosity at low temperatures which is irrelevant for our purposes.

Stabi LK1 – shaft with pointed bottom	Car engine oil	5W-40 (or 15W-40)
Stabi LK2 - shaft with flat bottom	Car gear box oil	SAE 90
Stabi S, Stabi Ref, Stabi XL	Car engine oil	5W-40 (or 15W-40)
Stabi XL and XL4 since 2007	Lubcom oil	OM-220 (from dealers only)

Kuzma's rekommendationer.

Sammanfattning om lager: Utan ett friskt lager är det ingen mening att försöka få sin skivspelare i stridbart skick. Har lagret fått stryk av en eller annan anledning, byt ut det. Har skivspelaren stått oanvänd i många år bör man serva lagret innan man startar den. Mineraloljor förändras med tiden och de kan stelna till något som närmast påminner om kåda. Tvätta ur lagerhuset med något lösningsmedel och tops, rengör spindeln, köp ny olja av rätt typ och fyll på lagret. Använd för he__e inte symaskinsolja, det är en rent smörjande (friktionsminskande) olja, det är ingen bärande lagerolja som tål belastning. Är du desperat, ta lite motorolja till bilen i stället, det är bättre.



Artikelgruppen

+ 346

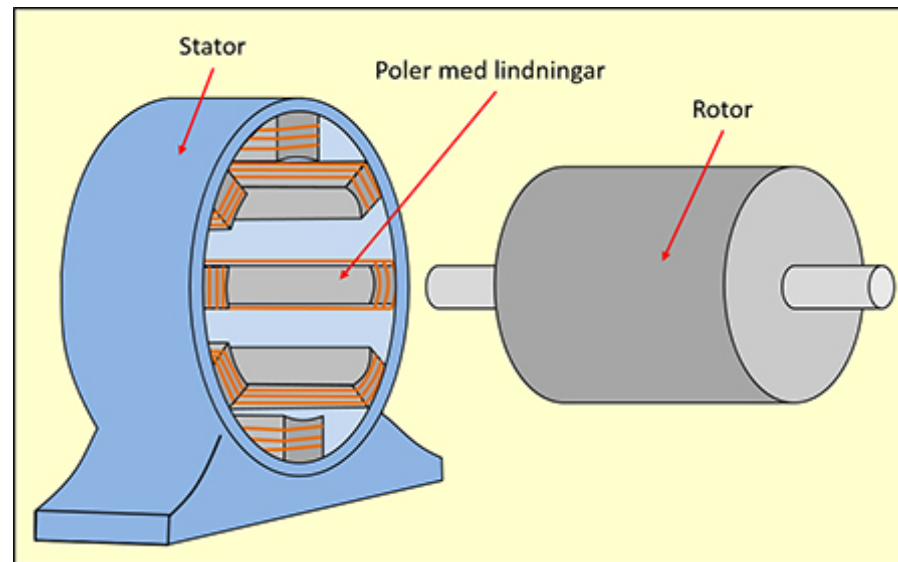
652 posts

6. Motor och motorstyrning

Det här är ingen komplett kurs i varken motorlära eller i styrelektronik, vi vill bara på ett så enkelt sätt som möjligt försöka förklara några av de olika principerna som används för drivningen av våra skivspelare.

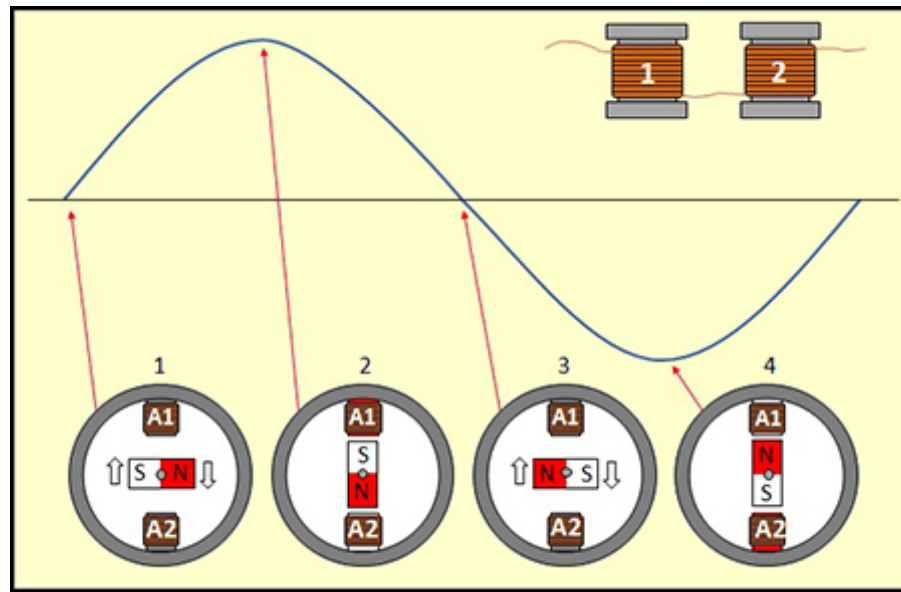
AC-MOTORN

Man har använt både synkron- och asynkronmotorer till skivspelare genom tiderna. Synkronmotor har en bättre effektivitet och betydligt bättre hastighetsnoggrannhet än asynkronmotorn men den har också en mer komplex design och är därför dyrare. Hos den typen av synkronmotorer som vi använder till bl.a. skivspelare och bandspelare består den roterande delen (rotorn) av en permanentmagnet och den roterar synkront med den tillförda matningsspänningens frekvens till skillnad från asynkronmotorn som har en viss eftersläpning och är mer belastningskänslig. Båda typerna består förutom rotorn även av en stator. Statorn är den delen av motorn som inte roterar och som innehåller motorlindningarna.



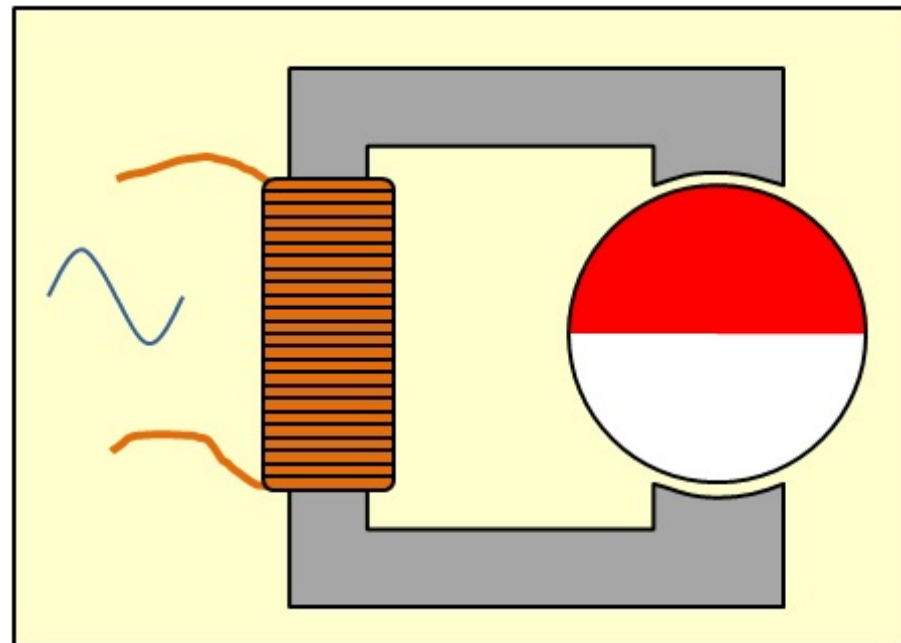
En enkel bild av en AC-motors uppbyggnad.

Synkronmotorn ger fullt vridmoment vid det synkrona varvtalet vilket ger motorn den karaktäristiska egenskapen att varvtalet ej minskar när den belastas (upp till maxmomentet), medan asynkronmotorn behöver släpa efter lite grann för att kunna utveckla sitt moment. Eftersläpningen är normalt 3-4% beroende på belastningen. Den enklaste formen av AC-motor har två poler och kommer att rotera ett varv/period.



Den 2-poliga 1-fasmotorns arbetscykel i förhållande till matningsspänningens sinusform.

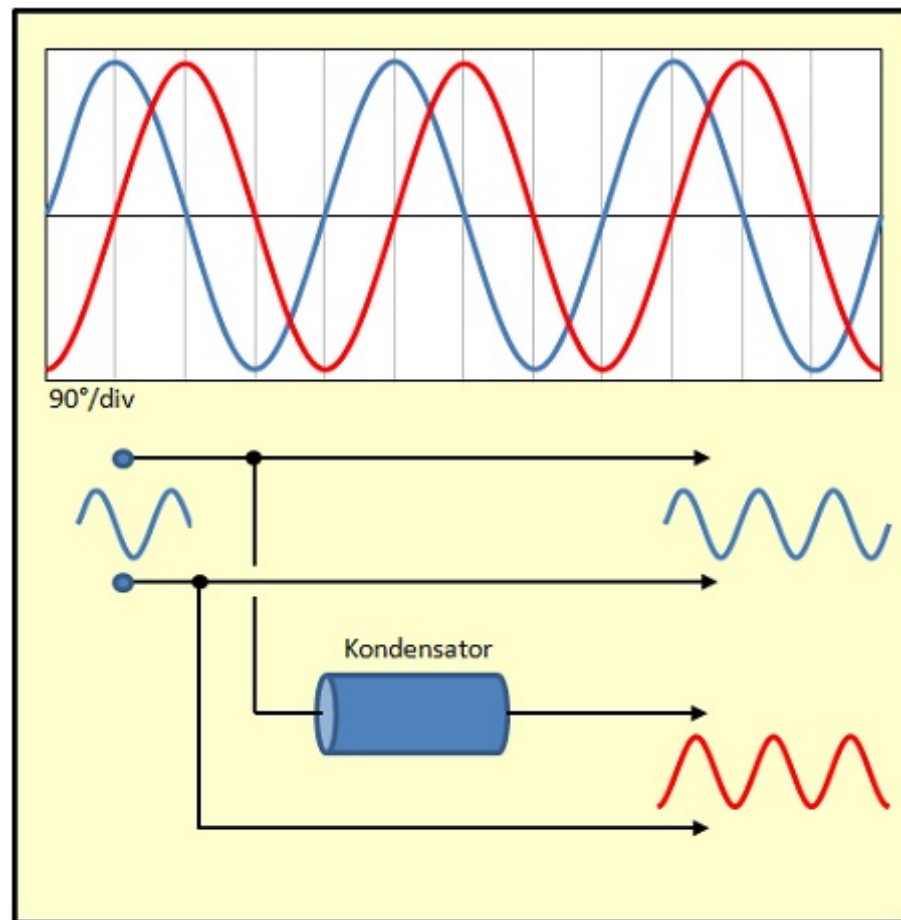
I små/kompakta motorer löser man oftast konstruktionen med en lindning på ett gemensamt polstycke, inte två separata lindningar.



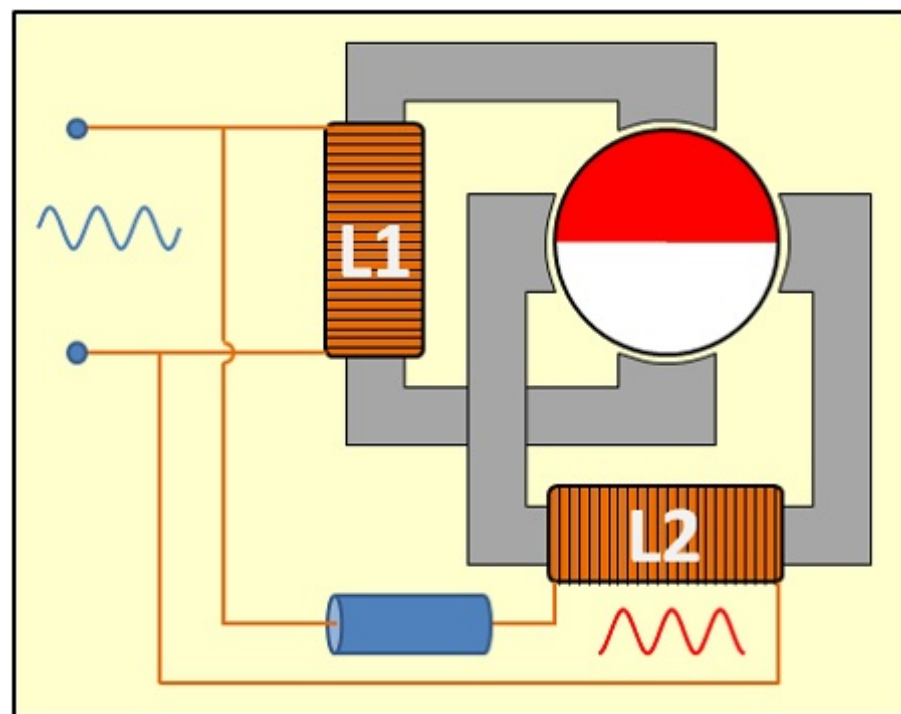
Varvtalet n (i varv per minut), bestäms av frekvensen f (i Hz) och poltalet p enligt:

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

Poltalet är alltid en multipel av 2, vilket innebär att det högsta tillgängliga varvtalet med 50 Hz nätspänning är 3000 rpm. En 4-polig synkronmotor får ett varvtal på 1500 rpm, en 6-polig motor får 1000 rpm, o.s.v. Det är ganska vanligt att dagens skivspelare är utrustade med en 24-polig synkronmotor, den gör då bara 250 rpm. Ju fler poler, desto jämnare gång och mindre vibrationer alstrar motorn. 1-fasmotorer har ett *litet problem* i sin grundkonstruktion, de kan nämligen starta på vilket håll som helst om rotorn står i ett visst läge. Man löser enklast det problemet genom att komplettera motorn med 2 poler till och att skapa ytterligare en fas som är förskjuten 90° från huvudfasen.

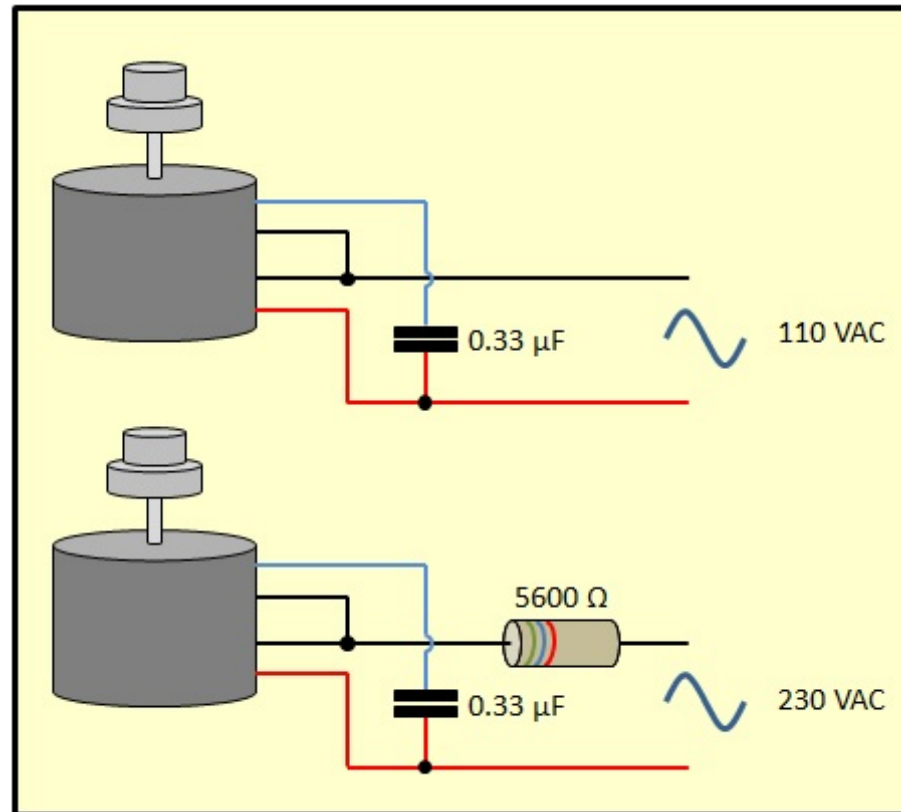


Lösningen för att skapa den extra fasen (röd i bilden ovan) är faktiskt enklare än vad man först kan tro. Det räcker med en enkel kondensator. Kondensatorn är en reaktiv komponent som kommer att orsaka en fäsförskjutning på just 90° (under rätt betingelser). Hur det går till hoppar vi över här, det får nog anses vara överkurs.



De nya polerna (L2) ligger 90° förskjutna från huvudlindningens poler (L1) och nu kommer motorn att få den *draghjälp* som behövs för att alltid starta på *rätt* håll. Det kommer att bli ett roterande magnetfält istället för bara ett växlande som innan. Motorn kommer fortfarande att rotera ett varv/period och räknas därför som en 2-polig motor trots att den faktiskt har fyra poler. I bland kan man se benämningen *startlindning*, men faktum är att den alltid är i drift och hjälper motorn att få både ett bättre moment och mindre vibrationer.

Kondensatorn kallas för *run capacitor*. I vissa skivspelare kan det även finnas en resistor i serie med lindningarna.



Det sitter då oftast en 110 V motor i spelaren och resistorn är bara ett enkelt sätt att minska våra 230 V till 110 V för att ge motorn rätt arbetsspänning.

En skivspelare med 20 år på nacken kan vara i behov av ett kondensatorbyte, den vanligaste typen av kondensatorer i lite äldre spelare är en elektrolytkondensator och när de åldras förändras deras värde ganska mycket. En felaktig/trasig, feldimensionerad, eller åldrad kondensator gör att *extrafasen* inte längre kommer exakt 90° efter huvudfasen eller att strömmen till extralindningen reduceras och motorn kommer inte att få den jämna rotation som den en gång hade. Det blir som en tvåcylindrig motor där den ena cylindern har fått *loppa på stiftet*.



Så här ser det ut i en Thorens TD-165. Källa:twelvety.com/

I dag har flera tillverkare valt att tillverka den tvåfasiga matningsspänningen på elektronisk väg istället för med en kondensator vilket ger en bättre precision på fasvinkeln med ännu jämnare gång och mindre vibrationer som belöning. Det finns även ett antal tillverkare av universella motorstyrningar som man kan komplettera sin *gamla* skivspelare med och man kan dela upp dem i två huvudgrupper.

- Motorstyrning som *bara* ersätter nätets 230V/50Hz och där man fortfarande använder skivspelarens kondensator för fasförskjutningen. En defekt kondensator fortsätter att ställa till med problem, men man eliminerar nätets frekvensvariationer.
- Motorstyrning som skapar två faser med 90° förskjutning. Denna metod kräver dessvärre en mindre ombyggnad av skivspelaren (avlägsna kondensatorn och ev. resistor) vilket gör att många inte vågar ta det steget trots att det är här man gör de största vinsterna.

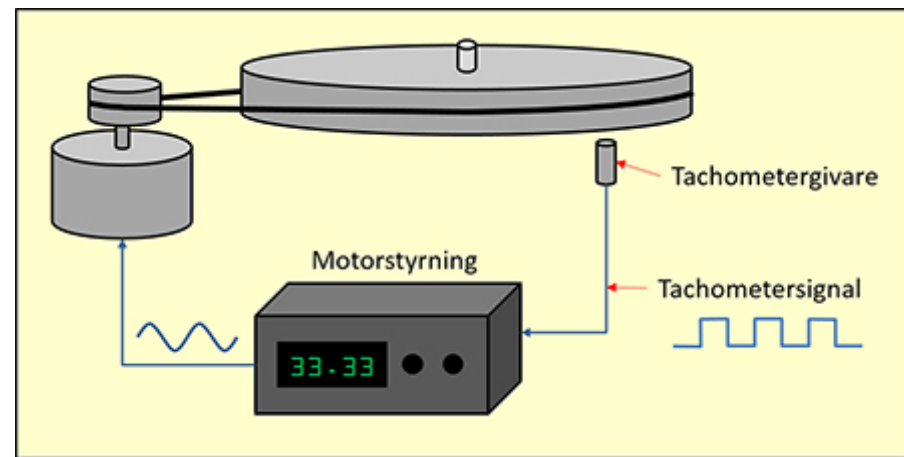
Exempel på en motorstyrning med två 110 V faser.



Heed Orbit 1. Källa:analogueseduction.net

Olika tillämpningar för AC-motorn

- **AC-motor (utan varvtalsåterkoppling).** Antingen förlitar man sig helt på nätets 50 Hz med allt vad det innebär i praktiken med frekvensavvikelser på nätet, alternativt har man en motorstyrning som genererar en egen stabil 50 Hz, typ Kuzma mm. Här tas ingen notis om vilket varvtal tallriken egentligen har, man förutsätter att den roterar med rätt hastighet när motorn matas med 50 Hz AC. Det är oftast precisionen i tillverkningen av t.ex. drivhjul, tallrik eller skicket på rem och tallrikslager som är orsaken till en eventuell hastighetsavvikelse. Vissa motorstyrningar har dock möjlighet till finjustering av frekvensen. I och med att motorn jobbar synkront med frekvensen måste man antingen ändra frekvensen eller utväxlingen (oftast motoraxelns diameter) för att ändra mellan 33/45 rpm. En synkronmotor behåller sitt synkrona varvtal även om spänningen fluktuerar (inom rimliga gränser förstås) och man använder ofta den fördelen genom att sänka spänningen till motorn för att minska motorvibrationerna när hastigheten är uppnådd. Vissa tillverkare har konstant *för låg spänning* till motorn och man brukar behöva *springa igång* dem som med en gammal moppe.
- **AC-motor (med varvtalsåterkoppling).** Här krävs en lite annorlunda motorstyrning än ovanstående. Man har även kompletterat skivspelaren med en avkännare som talar om för motorstyrningen vilket aktuellt varvtal tallriken snurrar med (tachometer).



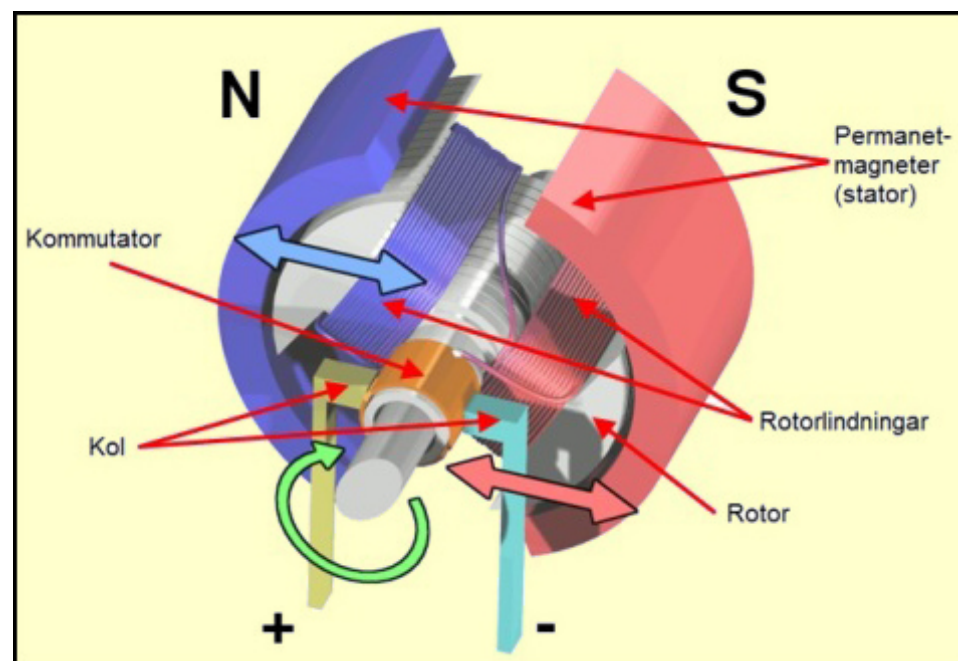
AC-motor med varvtalsåterkoppling

Oftast genererar tachometern ett pulståg där frekvensen är proportionell mot tallrikens varvtal, men även en sinusformad tachometersignal eller en analog signal kan förekomma. Ju fler pulser/varv, desto noggrannare går det att göra varvtalsregleringen. Vid avvikelse kommer motorstyrningen att korrigera genom att ändra frekvensen uppåt eller nedåt. Återkopplade motorstyrningar för AC-motorer som används till remdrivna spelare med tung tallrik kontrollerar ofta bara hastigheten en gång (eller ett par gånger) efter uppstart för att kompensera för eventuell (mekanisk/statisk) avvikelse. På så sätt slipper man risken med att kontinuerligt jobbande servon skapar onödigt svaj.

DC-MOTORN (med hastighetsåterkoppling)

DC-motorer till skivspelare måste ha någon form av återkoppling eftersom de till skillnad från synkronmotorn inte själva kan *hålla takten*, varvtalet på en DC-motor styrs av spänningen men varierar med belastningen. Det är oftast snabba servon och lätta tallrikar som gäller för direkt drift, men man använder DC-motorer till remdrivna spelare med tunga tallrikar också. Oftast har man då en lokal återkoppling av själva motorns varvtal, inte på tallrikens. Undantag finns givetvis. Det går att bygga DC-drifter som är minst lika exakta och stabila som en AC-motor med motorstyrning, men det är också betydligt lättare att misslyckas eftersom DC-driften blir betydligt mer komplicerad. Ändrade förutsättningar som t.ex en tung skivpuck eller en s.k. skivring kan ge servot allvarliga problem, reglersystemet (eller servot) var anpassat för helt andra svarstider (tiden det tar att göra en hastighetsförändring) och kan då börja självsvänga eller bli för långsamt med hastighetsvariationer som följd.

Varvtalet hos en DC-motor styr man med spänningen, men även en *superstabil* likspänning gör tyvärr inte DC-motorn varvtalsstabil, den minskar nämligen märkbart i varvtal redan vid ringa belastning. DC-motorn eller likströmsmotorn har till skillnad från AC-motorn genomgått en stor utveckling under de senaste 10-20 åren. Den traditionella likströmsmotorn var uppbyggd med en permanentmagnetiserad stator, en rotor med två eller flera lindningar, kommutator (polvändare) och kol (eng:brushes).



Traditionell DC-motor med kommutator och kol.

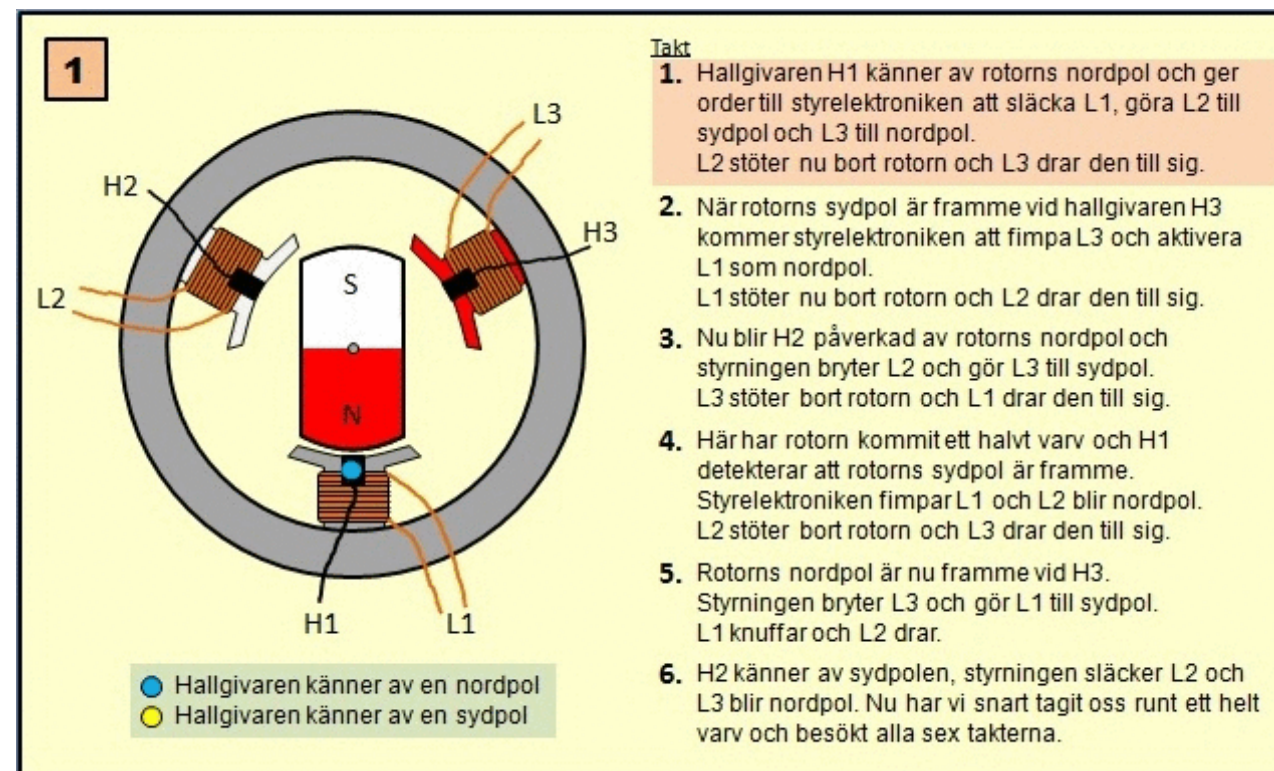
Den här motortypen är inte så lyckad till en skivspelare, en kolmotor väsnas alldeles för mycket. Den fungerar väl helt OK till en el tandborste, bilbanan eller som vindrutetorkarmotor i bilen, men inte till en skivspelare och det är därför majoriteten av våra lite äldre skivspelare har AC-motorer.

Den borst(kol)lösa likströmsmotorn (BLDC)

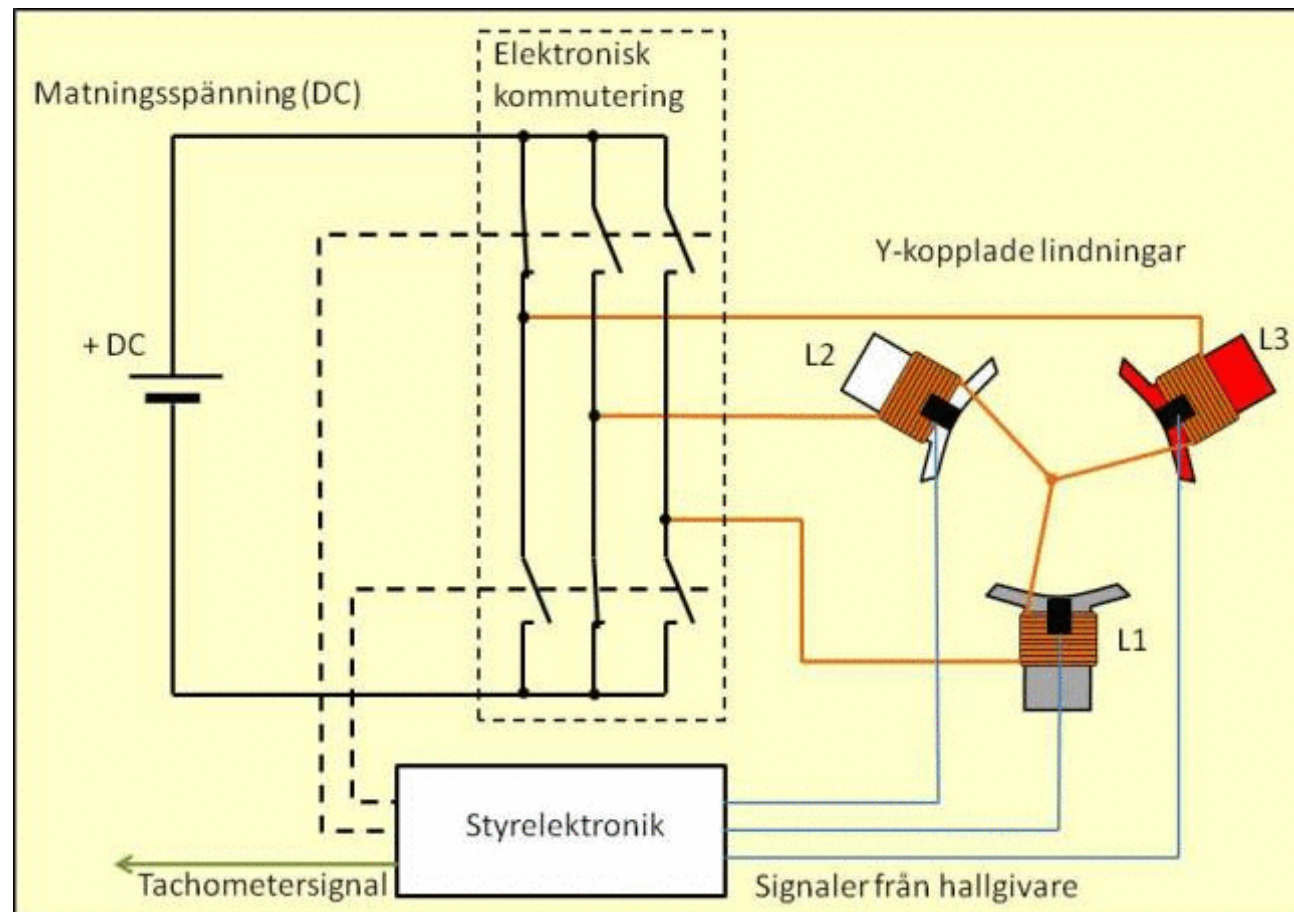
En av det största nackdelarna med den gamla hederliga likströmsmotorn är kolen som behövs för att via kommutatorn leda och växla riktning på strömmen till rotorns lindningar. Hos AC-motorn har man redan ett växlande magnetfält och därför kan man ha lindningarna i den fasta statorn. Tack vare elektroniken kan man göra något motsvarande med en likströmsmotor också, men vi måste ha något som talar om när det är dags att växla magnetfältet. Den vanligaste lösningen är *hallgivaren*, en liten oansenlig komponent som reagerar på magnetfält. Vissa typer kan avgöra om det är en magnetisk nordpol eller en sydpol som finns framför den och användningsområdet för hallgivaren är mycket större än bara i borstlösa likströmsmotorer. Det sitter troligtvis ett antal i din bil, en för att veta var vevaxeln har sitt nolläge och en per hjul till ABS'en.

Här kommer ett exempel på hur en 3-polig (6-takts) borstlös likströmsmotor kan fungera.

I varje pol sitter en hallgivare H1-H3 som detekterar om det är en nord eller sydpol som passerar. Dessa signaler går in i en styrelektronik även kallad EC (*Electronical commutation*) som kan aktivera/deaktivera magnetfältet för varje lindning (L1-L3) och dessutom polvända respektive lindning för att kunna växla magnetfältets polaritet (riktning).



Den här motortypen har blivit ganska vanlig i vår vardag, styrelektroniken (EC'n) sitter monterad inne i själva motorn och på utsidan ser det ut som vilken gammal likströmsmotor som helst.



Principen för elektronisk kommutering (EC).

Antalet poler kan skilja beroende på applikationen men grundprincipen är oftast densamma. Om vi nu adderar alla hallgivarnas signaler så har vi fått en tachometer som ger sex pulser per varv och som kan användas till varvtalsreglering. Spänningen som vi lägger på motorn kommer att avgöra hur fort den snurrar, ju högre spänning, desto starkare magnetfält och ju högre rotationshastighet.

Den vanligaste modellen av DC-motorer är av s.k. *inner rotor* typ, d.v.s. med rotorn roterande inuti statorn,

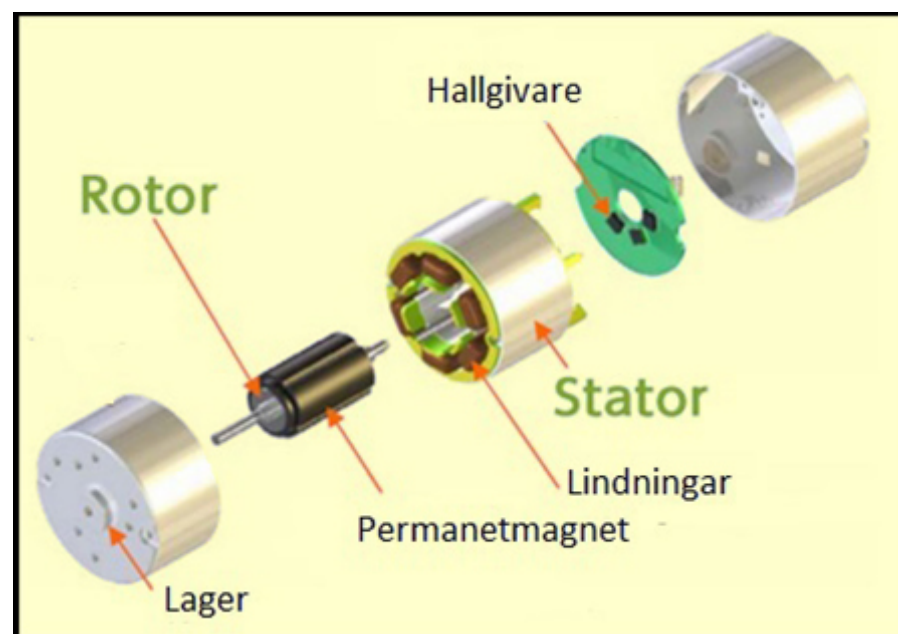


Bild på en inner rotor-motor

Men man kan också vända på principen och låta rotorn snurra utanför statorn.

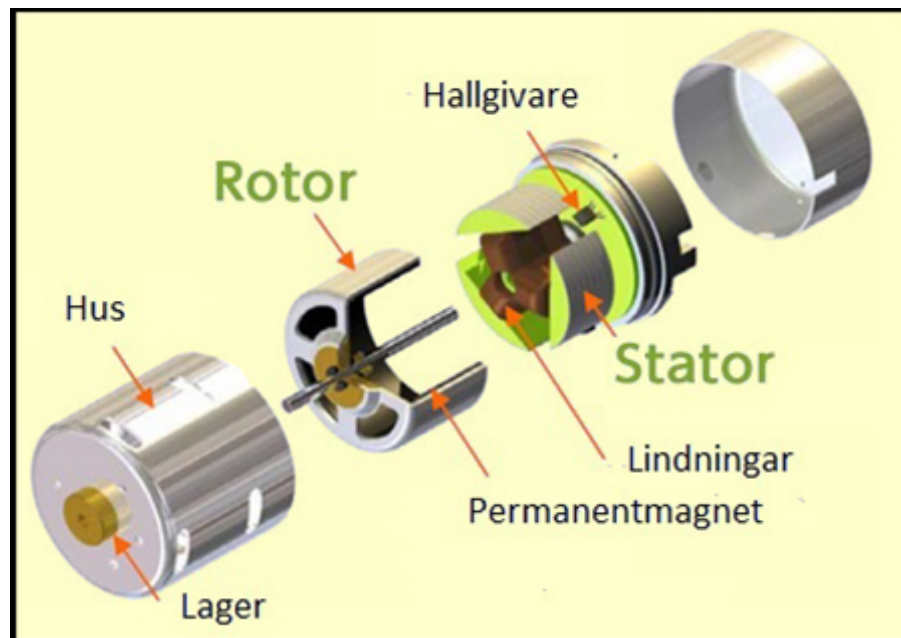
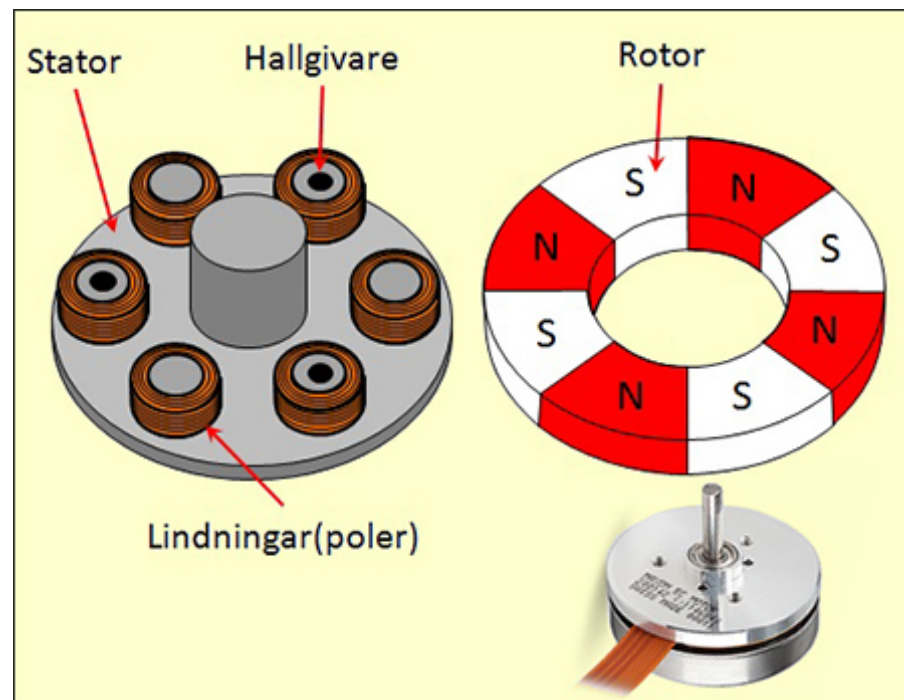


Bild på en outer rotor-motor

Båda principerna har både sina fördelar och nackdelar. Inner rotor-motorn har en snabbare respons vid spänningsändringar, men har sämre kraft, medan outer rotor-motorn har bättre vridmoment, men är i gengäld långsammare vid förändringar.

I direktdrivna skivspelare brukar man bygga DC-motorerna enligt pannkaksmodellen (eng:Brushless Pancake Motor). Man gör då en rotor som är som en tårta av magneter och kan ha väldigt många magnetpoler. Statorn är en liggande platta med lindningar och hallgivare.



Enkel illustration av en "Brushless Pancake Motor"

Rotormagneterna kan sitta monterade direkt på tallriken, som en undertallrik eller längre ner i spelaren men på tallrikens axel. Här är en bild på Brinkmann's pannkaksmotor **Sinus** och den används till en remspelare.

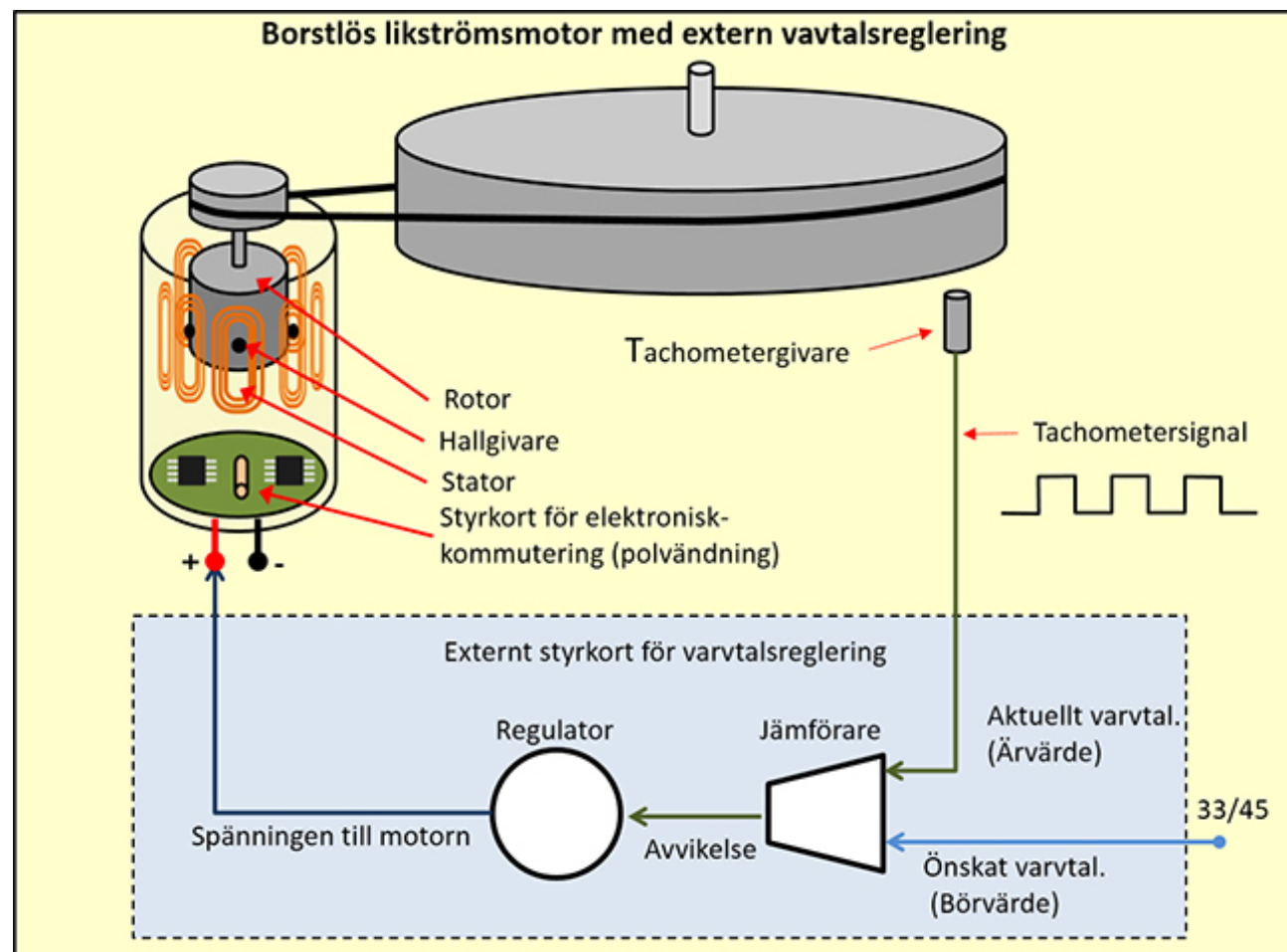


Brinkman Sinus Källa: www.brinkmann-audio.com

Här syns tydligt uppbyggnaden med fyra spolar, fyra hallgivare och sex magneter i rotorn.

Varvtalsreglering av borstlös likströmsmotor:

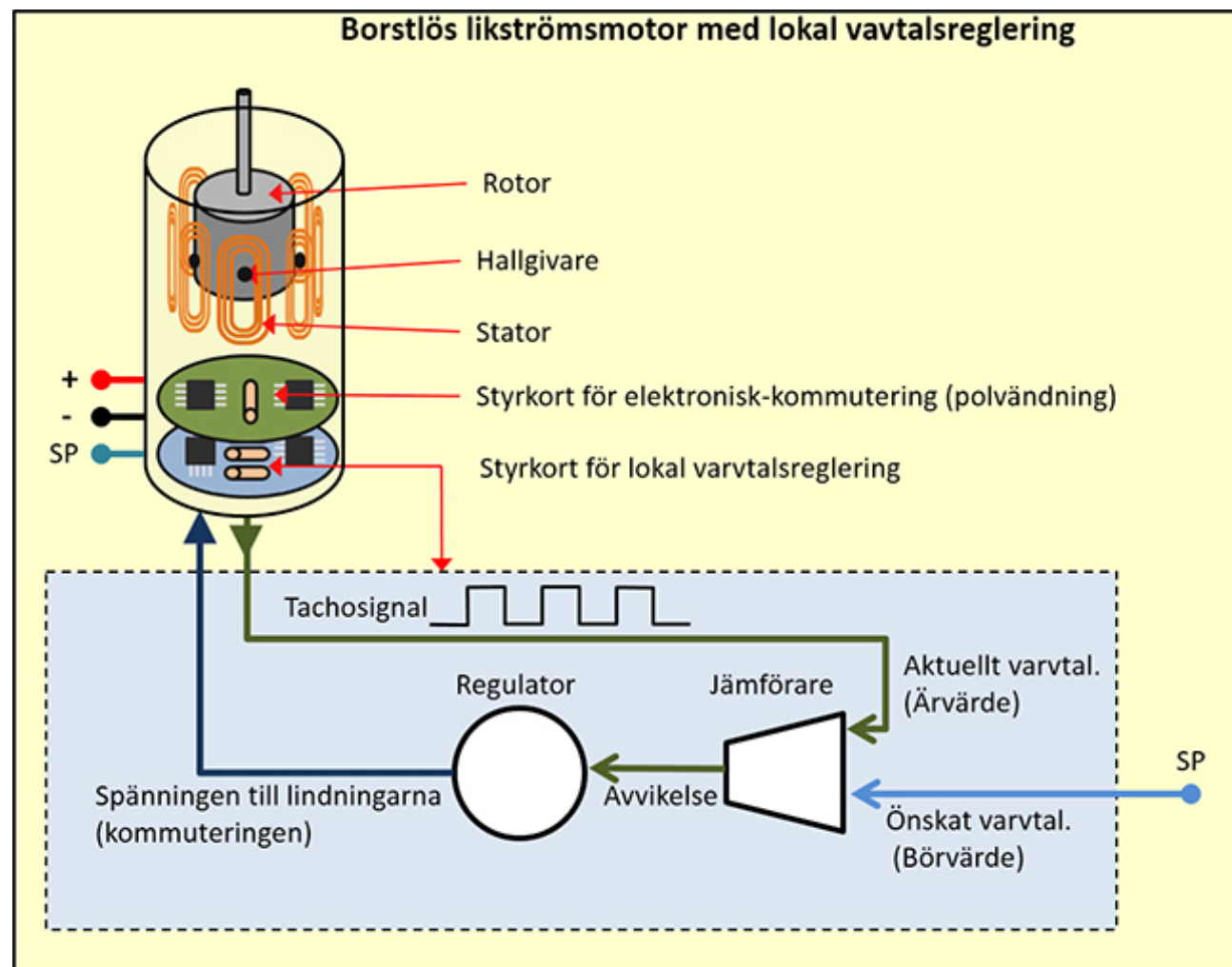
En borstlös DC-motor innehåller som sagt en rotor, en stator med lindningar, ett antal hallgivare och ett styrkort för den elektroniska kommuteringen (polvändningen). Motorns varvtal är en funktion av matningsspänningen och lasten och för att erhålla ett konstant varvtal måste man kompensera en ökad/minskad belastning med en ökad/minskad matningsspänning. Logiskt, eller hur? Det krävs att skivspelaren är utrustad med någon form av hastighetsmätare (tachometer) och ett styrkort för varvtalsreglering för att detta ska fungera.



Principen för varvtalsreglering med återkoppling av tallrikens varvtal.

Tachometersignalen omvandlas till lämplig signal, t.ex. en spänning som är proportionell mot varvtalet. Det aktuella varvtalet (är-värdet) jämförs med det önskade varvtalet (bör-värdet) som oftast är en signal från 33/45-varvs omkopplaren. Efter jämföraren får vi en *avvikelsesignal* som talar om för regulatorn om den ska höja eller sänka spänningen till motorn. Vid ökad last tappar motorn hastighet, tachometersignalen får en lägre frekvens, jämföraren detekterar detta och lägger ut en negativ avvikelsesignal. Regulatorn kommer då att höja sin utsignal så att motorn snurrar fortare. Hur mycket regulatorn ska höja motorns matningsspänning med i förhållande till avvikelsesignalens storlek är konstruktörens största dilemma. För stor reaktion (för hög förstärkning) får tallriken att snurra lite för fort vilket genast ska kompenseras, men kompenseringen blir lite för stor på det hållet också och då snurrar tallriken för sakta igen. Den här proceduren kan upprepa sig i all oändlighet (självsvängning) och tallriken kommer då aldrig att få ett stabilt varvtal. Antingen är det för mycket, eller för lite. Medelvärdet är dock helt OK. Nu vill jag inte påstå att detta är normaltillståndet för en likströmsdrift, tvärt om, de fungerar oftast väldigt bra, men om man ändrar förutsättningarna för reglerprocessen med en tyngre/lättare tallrik, tung skivpuck, skivring eller något liknande tillbehör kan regleringen få *fnatt*. De här snabba hastighetsvariationerna upplevs inte nödvändigtvis som svaj, men de påverkar antagligen slutresultatet negativt.

Principen för en borstlös DC-motor med lokal varvtalsreglering



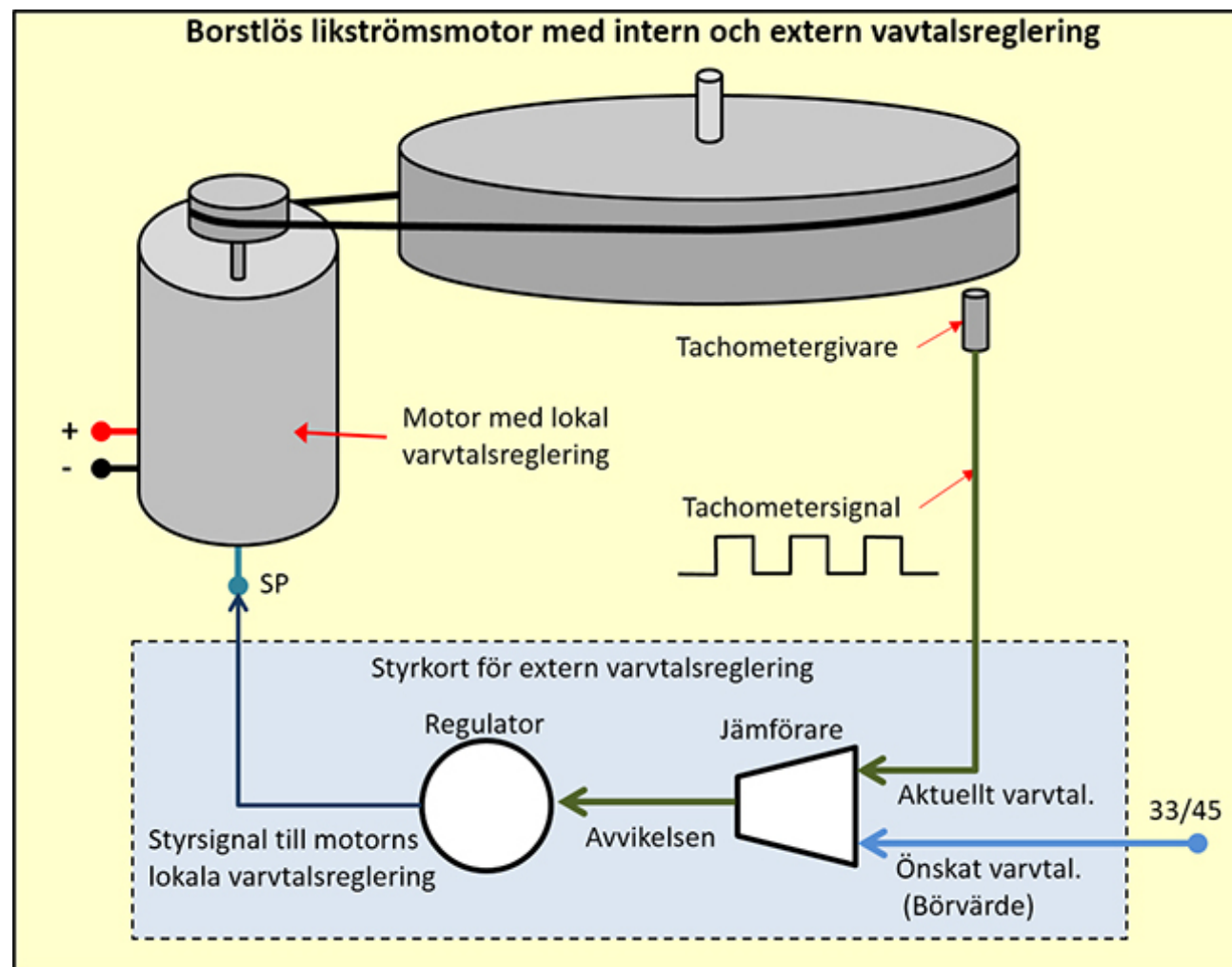
Principen för varvtalsreglering med lokal återkoppling av motoraxelns varvtal.

Nu har man utrustat motorn med ytterligare ett styrkort, en lokal varvtalsreglering. Det jobbar på exakt samma sätt som styrkortet i föregående exempel, men med den skillnaden att här reglerar man på motoraxelns varvtal, inte ett externt värde. Här handlar det om en betydligt snabbare reglering med kortare svarstider. Förutom de två obligatoriska spänningsanslutningarna (+ och -) har den här motortypen även en extra ingång, SP (Set Point). Där ansluts den externa styrsignalen som talar om för den lokala regulatorn vilket varvtal vi vill ha. Oftast en signal från 33/45-omkopplaren.

Om motorn har ett varvtal på 500 rpm behövs en utväxling mellan motor och tallrik på 15:1 för 33 rpm vilket innebär att de små hastighetsfluktationer som motoraxeln kan få också kommer att dämpas med faktorn 15:1. Som ni ser finns det ingen återkoppling som säger vilket varvtal tallriken egentligen har, men är inte skivspelaren behäftad med några mekaniska felaktigheter borde inte varvtalet avvika speciellt mycket från det önskade. Många styrningar har finjusteringsmöjligheter och en del spelare har t.o.m. stroboskop för att kontrollera och eventuellt justera varvtalet.

Principen för en borstlös DC-motor med både lokal och extern varvtalsreglering.

Nu tar vi steget full ut, allt på en gång.



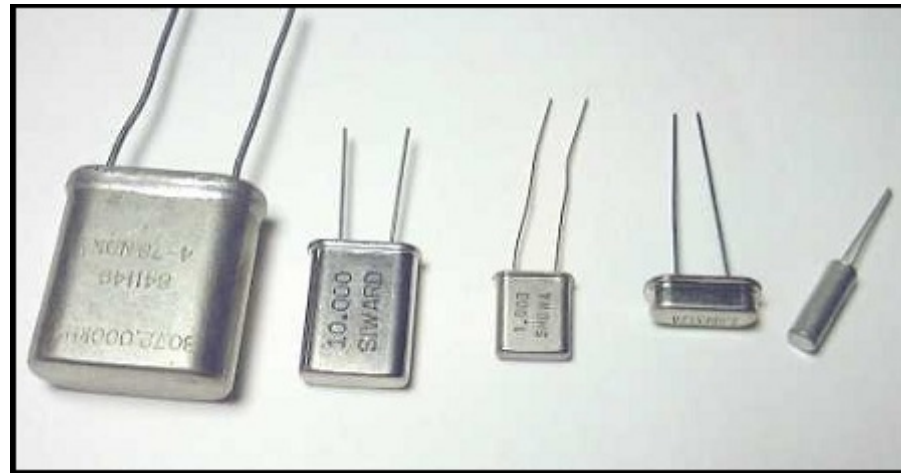
Principen för varvtalsreglering med överordnad tallsreglering och lokal återkoppling av motoraxelns varvtal.

Vi använder en DC-motor med lokal varvtalsreglering, men vi har också utrustat skivspelaren med en tachometer som ger oss tallriken aktuella varvtal och ett extra styrkort. Varför nu detta då, är det inte kaka på kaka? Nja, motorn med sin lokala reglering kommer att korrigera snabba hastighetsförändringar och förändringar på grund av t.ex. varierande matningsspänning direkt där de uppstår, varför vänta på att tallriken ska ändra varvtal innan man korrigerar? I och med att motorn snurrar betydligt fortare än tallriken kommer motorns små hastighetsvariationer att dämpas ganska effektivt innan de når tallriken. Den externa och överordnade regleringen håller bara koll på tallriken hastighet, vid en avvikelse kommer den att ge motorn order om att öka eller minska sitt varvtal. Den externa regleringen är förhållandevis långsam och är inte i första hand avsedd för att handskas med snabba variationer (dynamisk belastning), det sköter motorns reglering om, den externa och överordnade regleringen ska bara kontrollera att hastigheten är OK och ge order till den underordnade regleringen. Inom reglerstekniken kallas den här lösningen för kaskadreglering eller *master/slav*-reglering.

Den här delen har framförallt handlat om remdrivna spelare med DC-motorer, men reglerprocessen för lokal återkoppling gäller även för en direkt driven spelare. Direkt driven skivspelare brukar ha motorer med stor diameter och många poler, detta ger en förhållandevis långsam (33/45 rpm), jämn och tyst gång, de är enklare att reglera eftersom deras vridmoment är högre och det finns ingen *gummibandseffekt* (som en remdriven spelare kan ha) som stör regleringen.

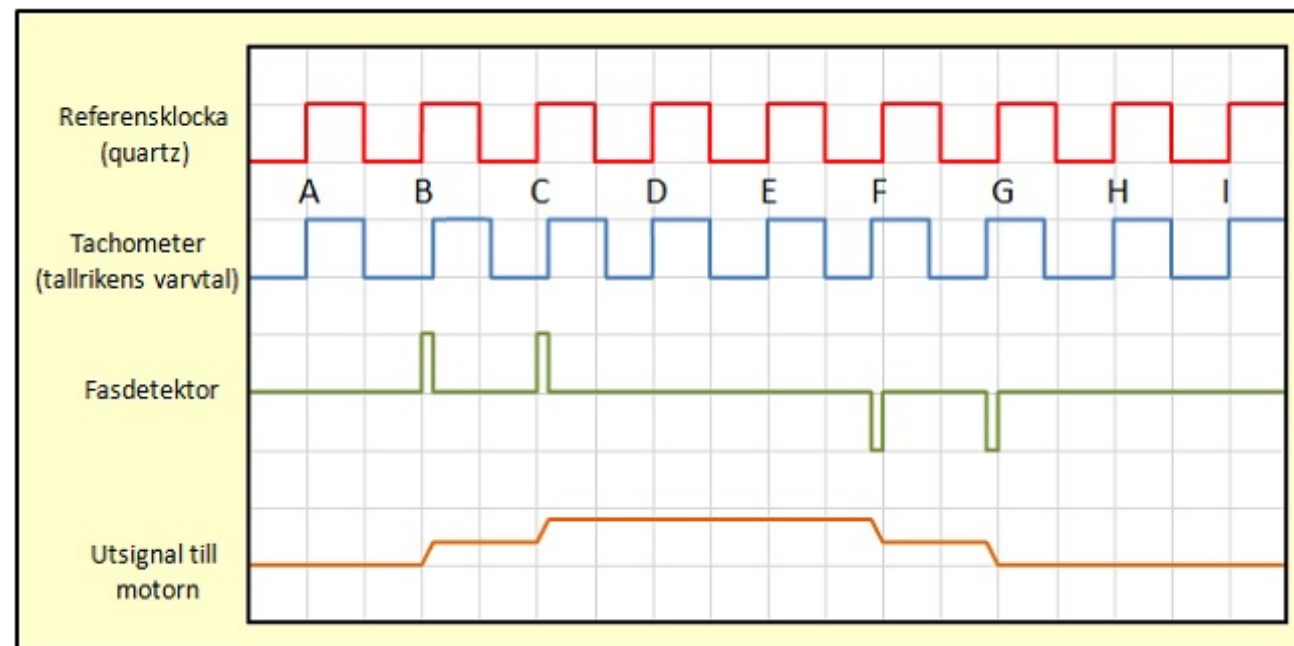
Direkt drift och styrning med Quartz Phase Locked Loop

Under slutet av 70-talet och under 80-talet fanns det mängder med direkt driven skivspelare på marknaden, i stort sätt alla tillverkare (framför allt Japanska) hade någon/några modeller i sitt sortiment. Många av dem var baserade på enkel, billig och tyvärr klart bristfällig teknik och de led av ganska stora problem med hastighetsregleringen. Nästan ingen av de tidiga spelarnas motorstyrning hade en egen referens klocka utan förlitade sig på nätets 50 Hz och resultatet blev sällan bättre än samtidens remspelare. En frekvensavvikelse på nätet gav direkt en hastighetsavvikelse på tallriken, medan en remspelare som har en hyfsad utväxling mellan motoraxeln och tallriken bara fick en bråkdel av den avvikelsen. I slutet av 70-talet utvecklades motorstyrningen genom att skivspelartillverkarna adopterade en teknik som kallades för *Quartz Phase Locked Loop*. Eftersom den tekniken har betytt relativt mycket för den direkt driven skivspelarens överlevnad kommer vi att uppehålla oss lite längre vid den och ge en mycket enkel förklaring till principen. I stället för att utnyttja nätets 50 Hz som referens klocka tog man en quartzkristall (samma typ som används till klockor idag) och konstruerade en högprecisionsklocka. Man kan förenklat säga att en kristall fungerar som en elektrisk stäm gaffel med en fast och stabil frekvens.



Kristaller tillverkas i många olika storlekar och former.

I stället för nätets 50 Hz, svänger den här tidbasen med flera MHz (miljoner hertz) och avvikelser på en quartzklocka brukar hamna på omkring 1,5 ppm (parts per million), eller bättre. Rent teoretiskt skulle det ge en avvikelse på ungefär ett halvt tallriksvarv på en veckas kontinuerlig drift. Då har vi rätt ut vad Quartz i Quartz Phase Locked Loop innebär. Nästa steg blir en enkel och kortfattad förklaring till vad en Phase Locked Loop eller en PLL är för något. På svenska brukar man kalla den för en fastlåst slinga och är en kretslösning för att låsa en signal till en annan. Genom att jämföra signalerna och justera den ena kommer de till slut att vara helt i takt med varandra. I detta fall kommer den fasta signalen att genereras av quartzklockan och den andra signalen vara en återkopplingssignal (tachometer) från skivspelarens tallrik. Utsignalen går till motorns drivkretsar. Det är ganska vanligt att man har i storleksordningen 150 - 200 pulser per tallriksvarv ut från tachometern och om vi för enkelhets skull säger att tachometern ger 180 pulser/tallriksvarv kommer det att bli 100 pulser/sekund vid 33,333 rpm. Quartz-klockans frekvens delas ner till samma frekvens som tachometerns och PLL-kretsen låser dessa mot varandra. Tallriks varvtal kommer alltså att kontrolleras och justeras 100 gånger per sekund i detta exempel.



En grovt förenklad förklaring till hur en PLL-styrning fungerar.

Röda kurvan är quartz-klockans stabila referenssignal delad till lämplig frekvens. Blå kurva är svaret från tallriks hastighetsmätare, grön kurva visar fasdetektorns utsignal och den orange är utsignalen till motorns drivkretsar. Vid punkt A är både röd och blå i fas och fasdetektorns utsignal är noll. Vid B kommer den blå kurvan lite efter den röda, vilket innebär att tallriken har tappat hastighet, fasdetektorn reagerar och utsignalen (orange) till motorn höjs lite. Vid C ligger fortfarande tallriken efter och utsignalen höjs lite till. Vid D och E är hastigheten bra och utsignalen är statisk, men vid F kommer den blå signalen före den röda. Nu snurrar alltså tallriken för fort och utsignalen minskar. Samma sak även vid G, men vid H och I är allt OK och utsignalen förblir stabil.

I vårt exempel är tiden mellan A och B en hundradels sekund (0,01 sekund) och avvikelser kommer alltså att detekteras väldigt snabbt. Hur fort den korrigeras beror på motorns vridmoment i förhållande till tallriks massa. Trots så täta kontroller innebär det inte nödvändigtvis att motorstyrningen (servo) hinner kompensera avvikelser på varken en, två eller tre hundradels sekunder eller att den inte kommer att överkompensera avvikelser, bara att den gör ett försök 100 gånger per sekund. Resten är upp till konstruktören.

Ovanstående beskrivningar är av så kallat populärvetenskapligt snitt och är bara tänkt som ett pedagogiskt sätt att förklara olika principer. Det finns säkert läsare som kan den här tekniken och som tycker att förklaringarna haltar, men syftet från vår sida är bara att förenkla lite för den oinvigde. Av förklarliga själ är våra modeller extremt förenklade och vissa elementära delar har medvetet plockats bort då de inte tillför något på denna nivå.

Som sagt, utvecklingen har gått framåt och den lär inte avta. AC eller DC, rem- eller direktdrift, det är frågan, Vi tror ändå snarare att det är konstruktörens förmåga och precisionen i tillverkningen än motorprincipen som fäller det största avgörandet.

THE BATTLE OF THE SPEEDS

Varför valde man just 33 1/3 rpm som hastighet för LP? Varför inte 33 eller 34 eller rakt av 30 rpm? Inte ens **RIAA** har full koll på det, och flera olika orsaker har spelat in. Dels behövde man få in fler spår per tum, dels ville man synka sidbyte med filmband, dels ville man såklart erhålla en hög ljudkvalitet. Men det började med en slump när **Emile Berliner** byggde en spelare för grammofonskivor. Den motor han råkade hitta drev tallriken i 78 rpm, så han anpassade skivan för den hastigheten. Egentligen var det 78,26 rpm, men den noggrannheten var inte aktuell då.

The Battle Of The Speeds utkämpades mellan **CBS** och **RCA Victor** under den tidiga introduktionen av LP på 40-talet. RCA hade testat 33 1/3 rpm redan 1931, men det var när Peter Goldmark skruvade upp antalet spår/tum från ca 85 till ca 300 som man hittat rätt. Det var 1947 och formatet kom att kallas **Columbia Microgroove LP**. Valet av hastigheten 33 1/3 rpm var slumpmässigt, eller egentligen en kompromiss mellan ljudkvalitet, speltid och storlek på media. CBS ville få med sig RCA i detta format så att man kunde massintroducera LP (12", 33 1/3 rpm) eftersom CBS inte tillverkade skivspelare vilket RCA gjorde. Men RCA var nog lite för stolta, tackade nej och valde att prova med sitt eget nyutvecklade 7" 45 rpm, dvs singlar. Så CBS tecknade i stället avtal med **Philco Radio** och gav dem all teknik för att kunna tillverka hifi-skivspelare som kunde spela deras nya format. Så småningom landade det därför i dessa två format som blev totalt dominerande.

Om man tänker sig att en motor ska fungera för både 60Hz och 50Hz så blir LP-hastighet delbar med faktorn 2:3 i Europa och 5:9 i USA för en synkronmotor.

Now you can play the sensational new 45 Minute Records through your own phonograph or radio, regardless of make or age!

PHILCO *Album-Length Record Player*

Equips any radio or phonograph, old or new, to play the new long-playing Vinylite Record.

Yes, at wonderfully low cost, you may now enjoy this new miracle of recorded music through your own radio or phonograph, regardless of make. The Philco Album Length Record Player has the special reproducer and motor which are required to play the new long playing records. Attached to your present instrument, it enables you to enjoy up to 45 minutes of music from both sides of a single record.

Balanced Fidelity Reproducer
Specially designed for long-playing records. New principle developed by Philco achieves true, "concert hall" balance, gives amazing tonal range. Only 1/2 ounce pressure, lightest ever achieved, assures extremely long record life and amazing reduction of surface hiss and needle noise.

Reliable 33 1/3 R.P.M. Motor
The same Philco phonograph motor famous for reliability and trouble-free service—now built for 33 1/3 R.P.M. speed that Long-Play records require.

Easily and quickly attached to any make radio or phonograph by your dealer or service man.

Annons i amerikansk press 1949. Källa: bsartworks.com



Moderator

+ 2 290

11 292 posts

Location:Sydsverige

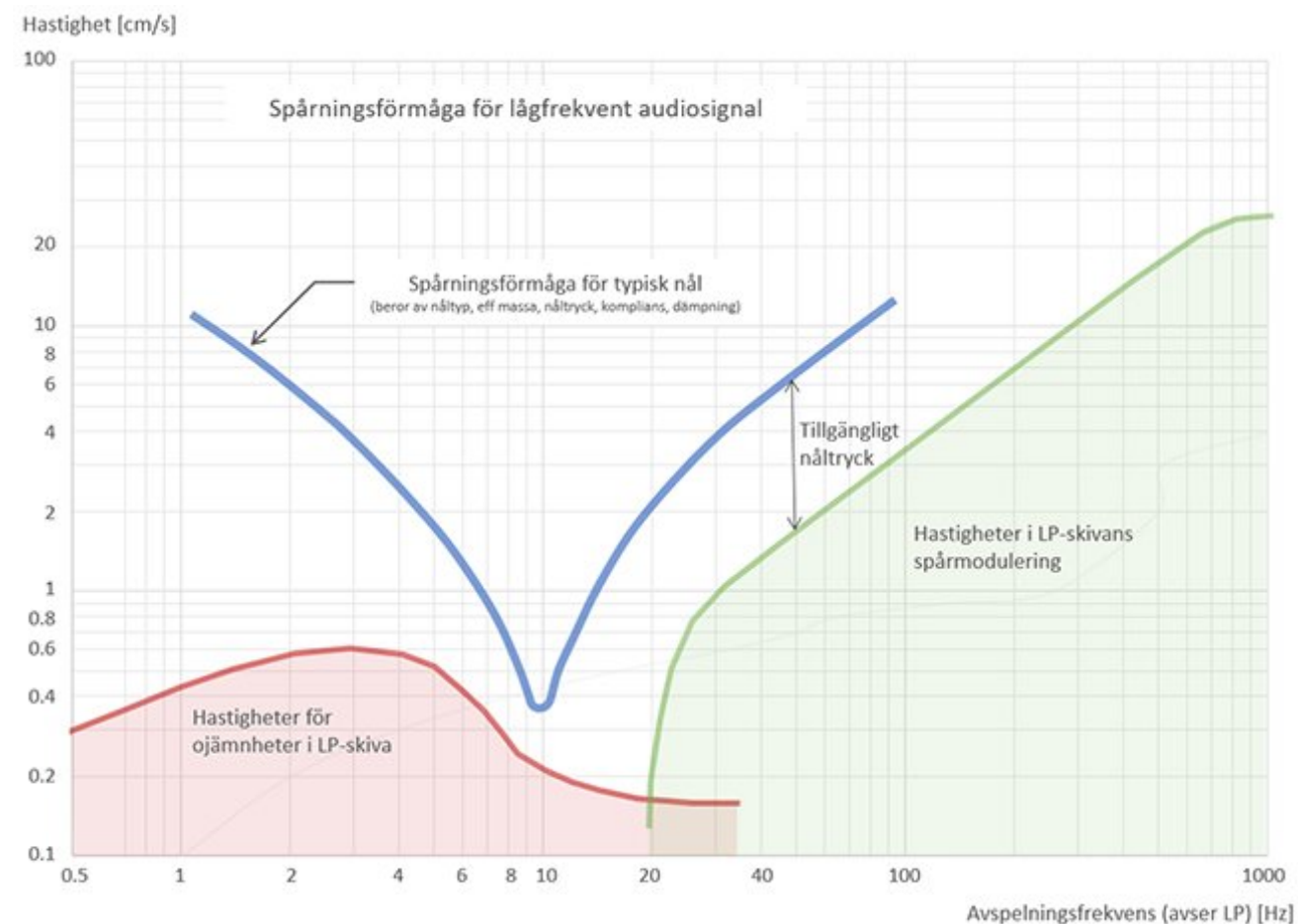
7. Plint, rack och uppställning

Signalen från en pickup är helt mekaniskt genererad och kommer ju från nålens rörelse i vinylskivans spår. När nålen rör sig vertikalt och horisontellt och med varierad amplitud, hastighet och acceleration så alstras svaga elektiska signaler i pickupens motor. Spåren på en LP är mindre än 0.1 mm. Beroende på hur högt man spelar så kan man höra spårförändringar ner till någon bråkdels μm . Den minsta störning vid den här nivån hörs ut i högtalarna, kraftigt förstärkt. Det är inte svårt att inse att vinylspelarens uppställning och vibrationsmiljö påverkar arbetet mellan nål och LP.

Oönskade vibrationer till kontaktytan mellan pickup och LP kan komma från skivspelarens motor, LP-skivans ojämnheter, från hyllan som skivspelaren står på (stomljud från vibrationer i materialen) och luftljud (musik) eller från resonans i tonarmen från de avlästa spåren. Alla dessa vibrationskällor blandar sig med de vibrationer som nålen alstrar från LPn och skapar **distorsion**, dvs förvrängning av den korrekta audiosignalen.

Det mekaniska systemet med pickup, tonarm och LP-skiva har någonstans en resonansfrekvens som inte går att undvika, så kallad tonarmsresonans. Nedanstående figur beskriver anledningen att man bör anpassa ingående delar för att denna resonans ska hamna mellan 8 och 12 Hz. Det bör ligga över 8 Hz eftersom därunder förekommer de mesta av LP-skivans ojämnheter, och under 12Hz för att inte skapa resonans från den graverade musiksignalen.

Ojämnheter (warps) och störningar har två oönskade konsekvenser: Dels kommer de blanda sig med den modulerade audiosignalen, dels utnyttjas en del (eller allt) av det nåltryck som finns tillgängligt för att nålen ska ha kontakt med spåret. Om störningarna närmar sig 20Hz eller däröver kommer man dessutom drabbas av akustisk återkoppling (feedback).



Spårningsförmågan för lågfrekventa signaler bör anpassas i området mellan de värsta ojämnheterna (warps) och audiosignalen.

Bild anpassad efter: Record Warps And System Playback Performance. Larry Happ och Frank Karlov, Shure Brothers, AES 1973

Detta förutsätter att drivverket och racket/hyllan som drivverket står på ligger över detta systems egenfrekvenser, annars kommer det allvarligt påverka och samverka med detta system.

Kommersiella rack marknadsförs med egenskaper som att vara snygga, flexibla, klara höga laster och ofta någon luddig formulering om *vibration control*. Specarna begränsas till mått, vilka belastningar de klarar och vilken finish man kan få på ramdelar och hyllplan. Specar på vibrationsprestanda förekommer sällan, åtminstone inte med någon tydlighet.

Köperackens akilleshäl är att de ska gå att frakta, vilket normalt innebär att de måste ha montageskarvar på väldigt känsliga ställen. En ram som saknar avsträvning har störst snittkrafter i knutpunkterna, dvs i montageskarvarna, vilket blir avgörande för rackets styvhet.



HRS ger också en bild av att bedriva avancerad produktutveckling. Vi har inte riktigt koll på det, men det de visar i sin marknadsföring har inte så mycket höjd. En FE-modell med färger och deformationsplot för statisk last är inte speciellt intressant, och om man studerar [denna bild](#) från hemsidan så kan man undra hur de har modellerat kopplingarna som kommer vara helt avgörande för rackets dynamiska beteende. Michael Latvis har garanterat koll på läget, men det skulle vara intressant att se det i text och bild eftersom det handlar om filosofier. Man kan utläsa att man eftersträvar hög styvhet, hög massa, robusta kopplingar och strategiskt placerad dämpning. Men inte alls hur och varför.

De vitala delarna av ett rack beror på konstruktionsprincip, men vanliga rack består av en rackstomme (ram), hyllplan, upplag för hyllplan och fötter. Den viktigaste funktionen är att racket är stabilt och att det går att ställa i våg. Man kan ofta sandfylla ramen för att addera dämpning och öka massa. Hyllplanen får inte rida på något av upplagen (antingen fasta upplag, tre upplag eller elastiska upplag). Fötterna kan utöver stabiliteten vara det som påverkar klangen mest. Testning och investering i bra fötter brukar löna sig. Rackstommen är ofta tillverkad i metall och hyllplanen i trä/mdf, men en rad exotiska varianter förekommer. Racket bör inte vara tillverkat av magnetiskt

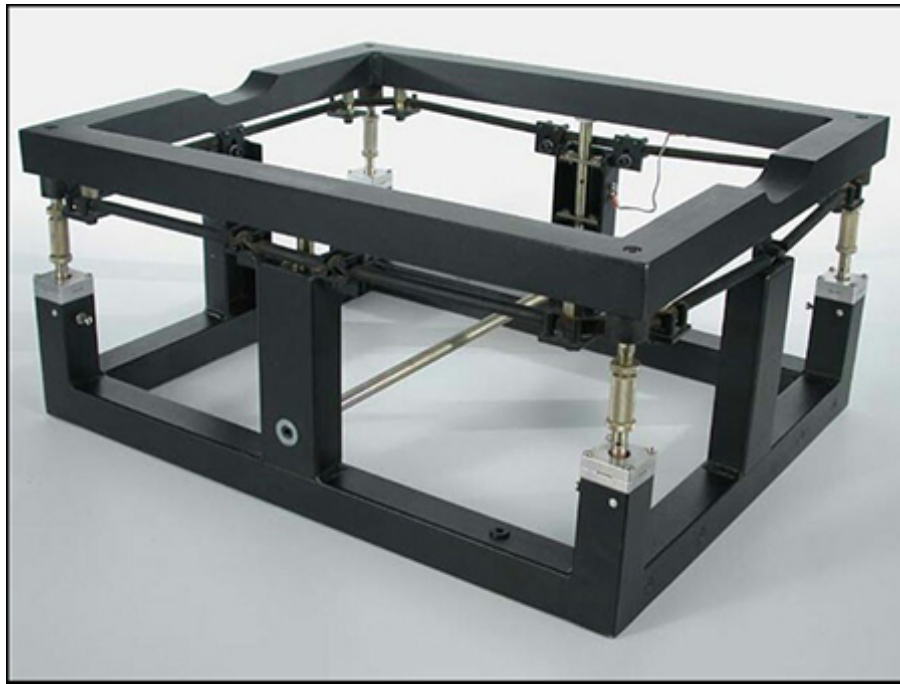
material. En del rack integrerar andra smarta funktioner såsom jordning.



Ikea Lack blev väldigt populära som skivspelarbord efter att någon tidning testat dem. Att Lack fungerar beror nog mer på den fördelaktiga geometrin än på uppbyggnaden. Hyllplanet ger en dämpning och benen är ganska robusta, men knutpunkterna är ganska veka. Att de är billiga och enkelt tillgängliga har spelat större roll än deras förträfflighet. Det oslagbart vanligaste hemmabyggda racket är **DIY** gängstång + limfog. Det är ett tydligt exempel på där man får ganska rigida knutpunkter med enkla medel. De flesta klarar bygga detta rack och materialen finns enkelt tillgängliga i byggvaruhus. Envar kan med ett metallsåg, bormaskin och skiftnyckel specialanpassa ett rack efter godtyckliga mått. Och det kostar några hundralappar.



I **Stefano Pasinis** bok *Deutsche Perfektion* beskrivs en *seismisk bas* som EMT introducerade 1977 som en lösning till problem med sviktande studiogolv ihop med **EMT 930**. Detta är väl närmast *all-out-assault* inom hifi-rack 🖥️:D



EMT 930-900 Seismisk bas. Bild: Stefano @ Vinylengine

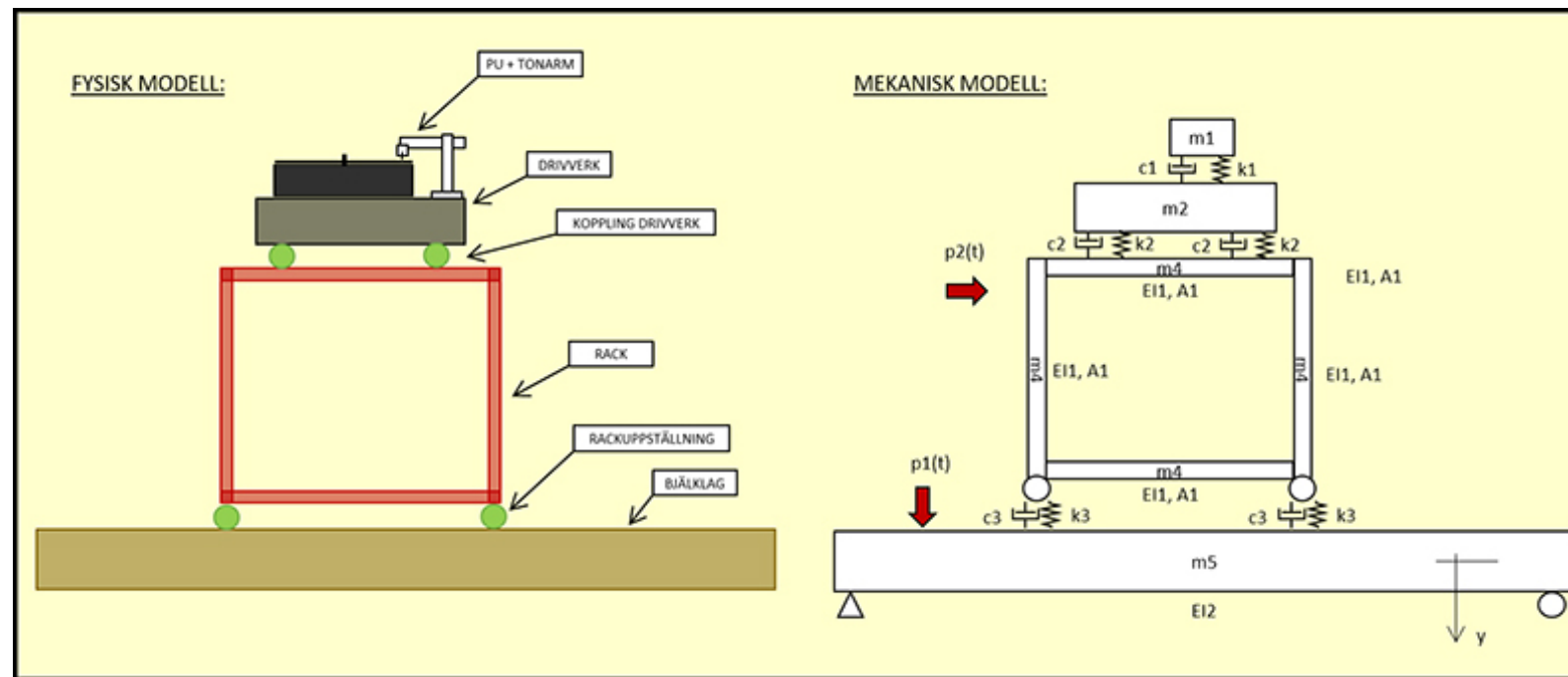
Den stötdämpande ramen är uppbyggd med en fast och en flytande sektion. Man använde täta, tunga material för att öka den flytande vikten. Val av fjädring har anpassats för att ge extremt låg egenfrekvens. Mekaniken har därefter kompletterats med fjädring för att dämpa lågfrekventa vibrationer, och gummielement för dämpning av högfrekventa vibrationer.

Vad är det då man vill åstadkomma med vinylspelarens uppställning? Det är såklart att minimera alla de ovanstående vibrationskällornas påverkan på kontakten mellan nål och LP. Men man får tänka på att dynamiska kraftspektra (vibrationer) alltid ger en respons, och responsens utseende avgör hur nålen påverkas. Det viktigaste är antagligen att det inte uppstår resonansfenomen inom det hörbara frekvensområdet. Men även impulser som inte ger resonans ger ju en respons i skivspelaren.

BESKRIVNING AV EN UPPSTÄLLNING SOM EN MEKANISK MODELL

Uppställning av de två huvudtyper av drivverk som finns (stela och flytande) ska hanteras på lite olika sätt. En spelare med stelt drivverk är konstruerad så för att inte ge några lågfrekventa resonanser. Däremot blir den ju direkt påverkad av vibrationer, även om de inte ger en resonans. En spelare med flytande drivverk är konstruerad för att ge avisolering av impulser. Det är svårt att göra detta perfekt, och även om denna avisolering dimensioneras för säg 10 Hz (under hörbart område) så är den normalt inte effektiv förrän över betydligt högre frekvenser. Och även om responsen är lägre än påförda vibrationer från säg 15 Hz, så är de ju inte noll och kommer därför blanda sig med ljudsignalen. I båda fallen handlar det alltså om att skapa ett responspektra som påverkar nålen minst.

Här är en mekanisk illustration och modell (starkt förenklad) på uppställningen av en vinylspelare:



De parametrar i uppställningen som påverkar och som går att påverka är **Last, Styvhet, Massa** och **Dämpning**.

Dessa parametrar hänger ihop och sambandet dem emellan (Newton's 2:a lag) kan beskrivas som;

$$m * a + c * v + k * y = p(t)$$

Som syns är massa [m] kopplat till acceleration [a], dämpning [c] är kopplat till hastighet [v] och styvhet [k] är kopplat till deformation [y].

Hastighet är derivata av deformation (förskjutning), och acceleration är andraderivata av deformation:

$$v = y'(t) \text{ och } a = y''(t) \text{ så att } m * y'' + c * y' + k * y = p(t)$$

Det innebär att man behöver känna till **strukturens formfunktion** (utböjningsform), **materialegenskaper** som ger massa, styvhet o dämpning samt **last** (påförda vibrationer) för att kunna beräkna hur uppställningen beter sig.

Men nummer 1 är alltid att beräkna egenfrekvenser, eftersom påförda vibrationer kommer att förstärkas vid dessa. Som värst vid lägsta egenfrekvens, men även de första 2-3 övertonerna exciterar.

Systemets egenfrekvens är
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{c}{2m}\right)^2}$$

Om man bortser från dämpning är
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Kritisk dämpning (se nedan)
$$c_{cr} = 2\sqrt{km}$$

Last

Den dynamiska last som kommer ifråga är vibrationer från de källor som nämnts ovan. Vibrationer är i detta sammanhang sammansatta av amplituder och frekvenser, men den komponent som påverkar en pickup i form av distortion är acceleration. Vi är osäkra på om transient och harmonisk svängning påverkar mer/mindre i olika frekvensband, men de har såklart störst påverkan vid egenfrekvenser.

Det optimala är att ställa drivverket i ett annat rum, vilket oftast är opraktiskt. Men man behöver ju inte ställa den framför och nära högtalarna. Hitta gärna ett tryckminimum i

rummet. Ett lock hindrar luftljud effektivt.

Styvhet

Normalt sett vill man ha så hög styvhet som möjligt. Framför allt eftersom hög styvhet gör att amplituden i responspektrat då begränsas för godtyckliga vibrationer. Men även eftersom det höjer den lägsta egenfrekvensen som kan få racket och därmed apparaterna i resonanssvängning. Rack som är låga, knubbiga och med kraftiga ramdelar ger hög styvhet. Knutpunkterna i ett rack brukar vara den svaga länken, och överdimensionerade ramdelar hjälper föga om inte knutpunkterna är styva. Rack bör ställas där bjälklaget är styvt alternativt hängas på en styv vägg.

Eftersom en tonarms resonansfrekvens ligger mellan 7-12 Hz så bör rackets styvhet åtminstone inte ligga nära detta område eftersom detta omedelbart kommer excitera tonarmen. Man kan laborera med att antingen ligga över eller rejält under detta område. Antagligen beror det bästa resultatet på vinylspelarens konstruktion. Men om man ligger under så kommer hela rackets konstruktion oscillera både för stom- och luftljud. Rekommendationen är att ligga väsentligt över 7-12 Hz. Då ligger man över både drivverkets egenfrekvens, svaj och rumble som kan förekomma under 8 Hz. Men systemet tonarm+pu ger resonans vid 7-12 Hz, och om lägsta egenfrekvens för racket ligger över 7-12 Hz undviker man resonanser i både drivverk och tonarm. Man tar ju dock inte bort vibrationer bara för att man skapar höga resonansfrekvenser, man undviker att de förstärks. För att eliminera vibrationer krävs att man eliminerar källan, tillför massa, dämpar eller något annat.

Massa

Hög massa är normalt sett positivt om den placeras rätt. Det krävs större kraft för att accelerera en högre massa, men samtidigt högre dämpning för att stoppa den när den väl kommit igång. Massa ger alltså tröghet. Hög massa sänker dessutom rackets egenfrekvenser, så hög massa och låg styvhet är inte att rekommendera eftersom det resulterar i hög känslighet för lågfrekventa resonanser.

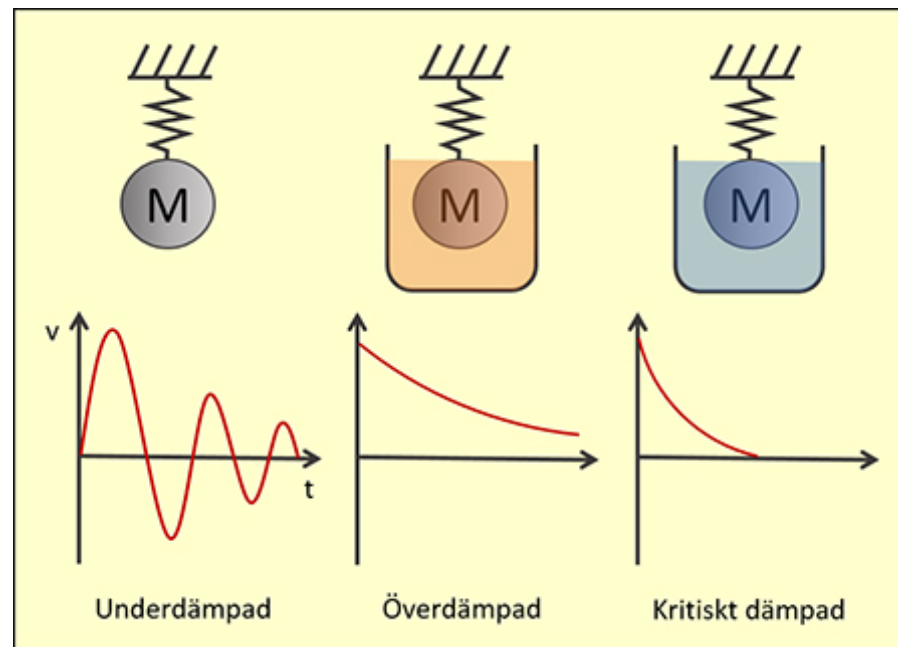
En speciell egenskap är hur pickupens massa påverkar nålens avläsning. Förvisso balanseras massan av både tonarm och pickup med motvikter. Och nåltrycket avpassas ju utifrån puppans komplians och tillverkarens rekommendationer, men när pickupen "arbetar", dvs är i rörelse upp och ner och i sidled, så kommer massan ge dynamisk påverkan på avläsningen. Mer om detta i avsnitt 8. Även tallrik och upphängning påverkas av sin massa genom gravitation. Det är därför väldigt viktigt att både drivverk och pickup är i våg. Detta bör kunna kontrolleras och justeras enkelt med ett bra vattenpass.

Deformation och hastighet är i sig inte så avgörande för pickupens prestanda, utan det är accelerationen som ger distorsion, och det är pickupens massa (eg. pu+tonarm eff massa) i förhållande till accelerationen som ger distorsionen.

Dämpning

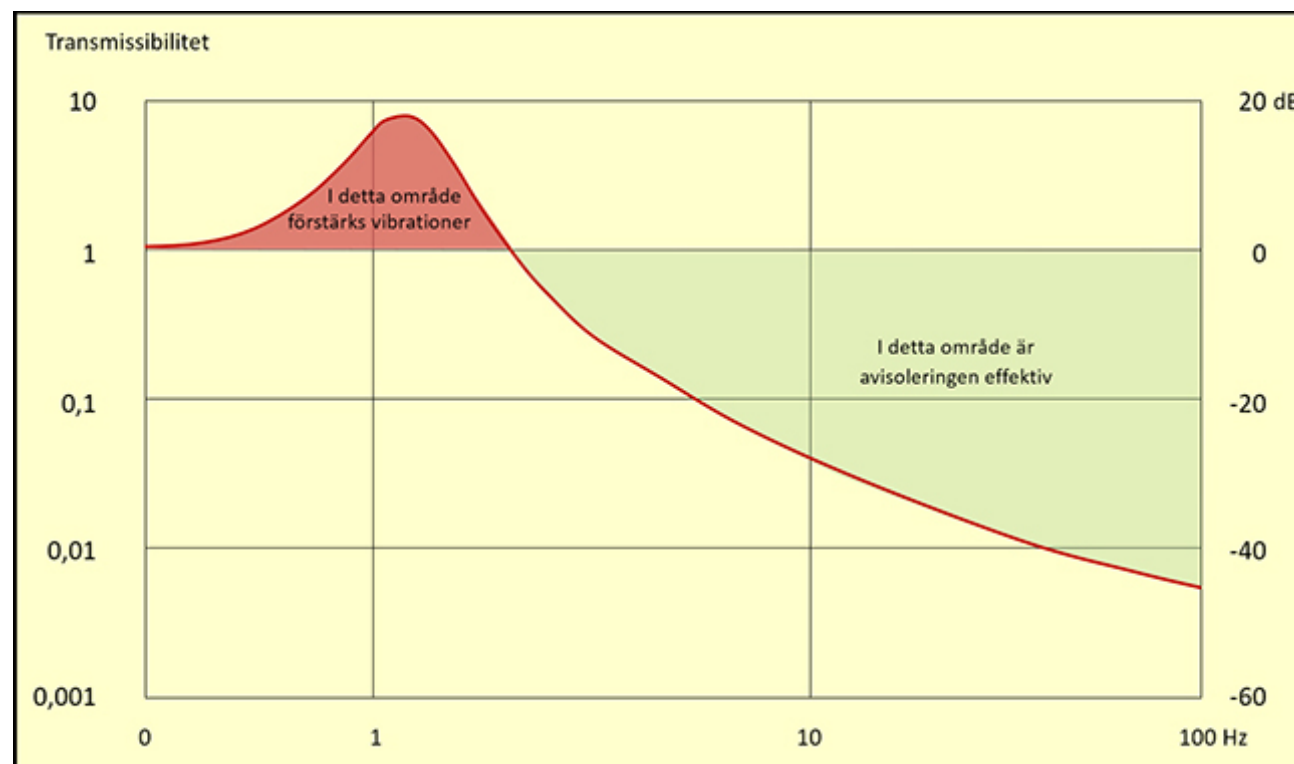
Om racket är helt odämpat så är risken mycket stor att man får feedback mellan pickup och högtalare. Detta är inga problem så länge det inte förstärks vid spelning (feedback alltså). Det är i princip ofrånkomligt att det hörs svagt i högtalarna om man knackar på drivverk eller tallrik vid spelning av ett tyst spår.

Syftet med dämpning är att uppta energin i vibrationer så att de släcks ut (genom värmeavgivning och/eller utsmetning). Odämpade eller underdämpade vibrationer innebär att oscillerande respons pågår länge. Överdämpade vibrationer innebär att excitering ger respons som inte oscillerar men som tar lång tid att klinga ut. Begreppet **kritisk dämpning** innebär övergången mellan under- och överdämpad, och effekten av det är att när en struktur är kritiskt dämpad kommer den snabbast till vila. Både en under- och överdämpad struktur tar längre tid på sig att återvända till sitt viloläge. Man talar ibland om Q-faktor, och kritisk dämpning innebär $Q=0.5$, överdämpad innebär $Q<0.5$ och underdämpad $Q>0.5$.



En massa som oscillerar fritt kring en linjär fjäder, till vänster underdämpad, i mitten överdämpad (nedsänkt i trög vätska), till höger kritiskt dämpad (nedsänkt i lättflytande vätska).

Produkter för avisolering är alltid beskrivna utifrån hur mycket vibrationsenergi de absorberar vid olika frekvenser, sk **transmissibilitet** (avisolering = $1-T$), utan hänsyn till hur det påverkar strukturens verkningssätt. Om det som står på avisoleringen själv innehåller känsliga och/eller rörliga delar så måste en konstruktör dimensionera avisoleringen utifrån dess dynamiska beteende. Som exempel är det en jäkla skillnad på en skivspelare som roterar 33.3 rpm (0.56 Hz) och en tvättmaskin som roterar 1500 rpm (25 Hz) fast de båda kanske väger 80kg. Dessutom är sådana data alltid baserade på att avisoleringen står på något som är oändligt styvt, vilket sällan är fallet. Om en flytande skivspelare ställs på avisolering så dubblas antalet egenfrekvenser.



Så, när det gäller hifi är det viktigare att det som står på avisoleringen ges stabila förutsättningar (små acc, kritisk dämpning), än att avisoleringen har superbra transmissibilitet.

Ett tillvägagångssätt vi tycker är bra är att alltid starta en ny uppställning med styva kopplingar (spikes). Om feedback är störande är det en god idé att prova med avisolering. Avisoleringen bör avpassas så att den avisolerar men inte skapar ett nytt svängande system ovanför avisoleringen. Det är bättre att välja för styv avisolering och öka massan på hyllplanet.

Det finns också en del passiva och aktiva dämpare på marknaden. I huvudsak framtagna för medicinsk industri och mätinstrument. Generellt finns följande system:

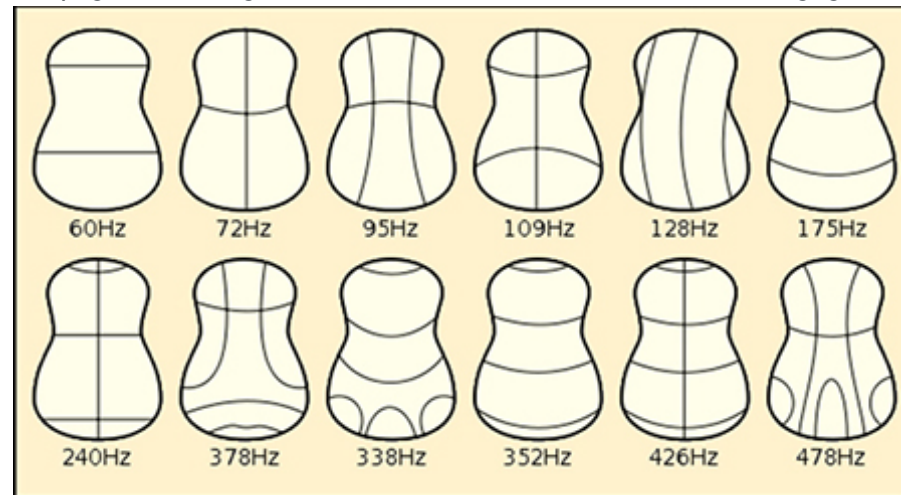
- **TMD:** tuned mass damper är en passiv massdämpare där massan används för att motverka lågfrekventa vibrationer genom sin tröghet.
- **AMD:** active mass damper är en dämpare som mäter vibrationerna i den aviserade strukturen och använder motkrafter för att dämpa dessa.
- **HMD:** är en hybrid mellan aktiv och passiv massdämpare.

Moderna lösningar är ofta aktiva dämpare eller där vibrationsisolering bygger på någon form av piezoelektrisk eller elektrodynamisk utsläckning. Man omvandlar den kinetiska vibrationsenergin från upplagspunkterna till en elektrisk signal som skickas till styrelektronik där signalen processas och en utsläckningssignal skickas tillbaka till upplagspunkterna. Se exvis <http://www.herzan.com/> Accurion, <http://www accurion.com/> har gjort hybridlösningar med aktiv dämpning från 0.6-200Hz och passiv däröver. Det finns även helt mekaniska lösningar, exvis <http://www.minusk.com>. [Se även här](#).

Det finns liknande produkter som släcker ut resonanser, även högfrekvent som t ex Finite Element. De har utvecklat avstämningssresonatorer som kan justeras för att motverka oönskade resonanser i racket. Vad vi förstår handlar det om mer högfrekventa vibrationer.

Vibrationsmoder

En annan metod som kan tillämpas för att söka en bra vibrationsmiljö är att ta hjälp av **Chladnis klangfigurer**. Om en låda eller ett membran (tex fiol, gitarr eller drivverk) exciteras med någon av de toner som sammanfaller med lådans resonansmoder så vibrerar lådan i ett vågmönster som beror på membranets geometri och material, enligt Chladnis lag $f=C(m+2n)^P$. **Ernst Chladni** lade ju sand på en metallplatta och när han drog med en stråke på plattan så samlades sanden längs linjer som inte vibrerade (nollinjer). På samma sätt som man med denna metod hittar de enskilda trädelarna av ett instruments goda egenskaper, så kan man tänka sig hitta resonansmoder i en skivspelare eller ett hyllplan som man då enklare kan åtgärda utan att riskera överdämpa. Vi vet inte exakt hur detta skulle gå till eller vilka kriterier man skulle ha, men sannolikt är metoden lämplig i simuleringar för att hitta fel och brister. Här ser vi klangfigurer för bakplattan på en gitarr:



Resonansmoder i bakplattan på en akustisk gitarr. Bildkälla: Wikipedia

Om en skivspelare eller hyllplan har klangfigurer i likhet med ovanstående bilder, så kommer tonarmen att påverkas när resonanserna exciteras. Amplituden på en sådan klangfigur kan i så fall dämpas om det upplevs som störande.

FÖRUTSÄTTNINGAR OCH KRAV

Det är nästan alltid mycket svårt att ta reda på hur de dynamiska lasterna ser ut (storlek och frekvensband). I vårt fall skulle man kunna tänka sig högtalarbrus med ett visst ljudtryck, och även steg/dans med 80 kg kraft och 1.5-5 Hz frekvens. Men om man bygger upp en erfarenhet så skulle vi kunna normera ett lastfall, exvis att man bankar med en 3 kg gummiklubba med 1, 2 och 5 Hz. Vilka accelerationsnivåer skulle då anses acceptabla för ett sådant lastfall?

Det finns **standardiserade vibrationskriterier** som är framtagna (IEST) för att tillverkare av känsliga instrument som t ex mikroskop, kameror, laser ska kunna referera till dessa som krav för att deras instrument ska behålla sina prestanda. Det är sju klasser, A till G där även den lägsta klassen A är väldigt tuff. Ett råd är att sikta in sig på VC-B (25 $\mu\text{m/s}$) eller VC-C (12.5 $\mu\text{m/s}$). Detta är 4 resp 8ggr känsligare än vad en normal människa kan känna när den står barfota på ett golv som vibrerar.

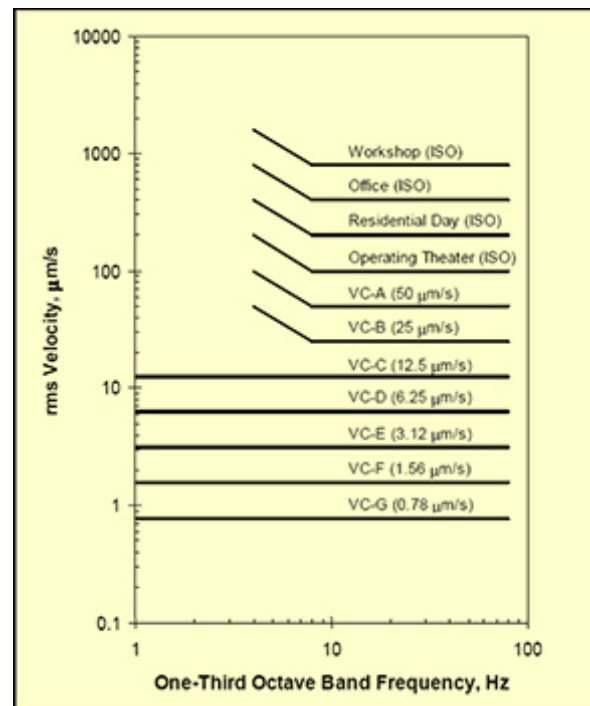
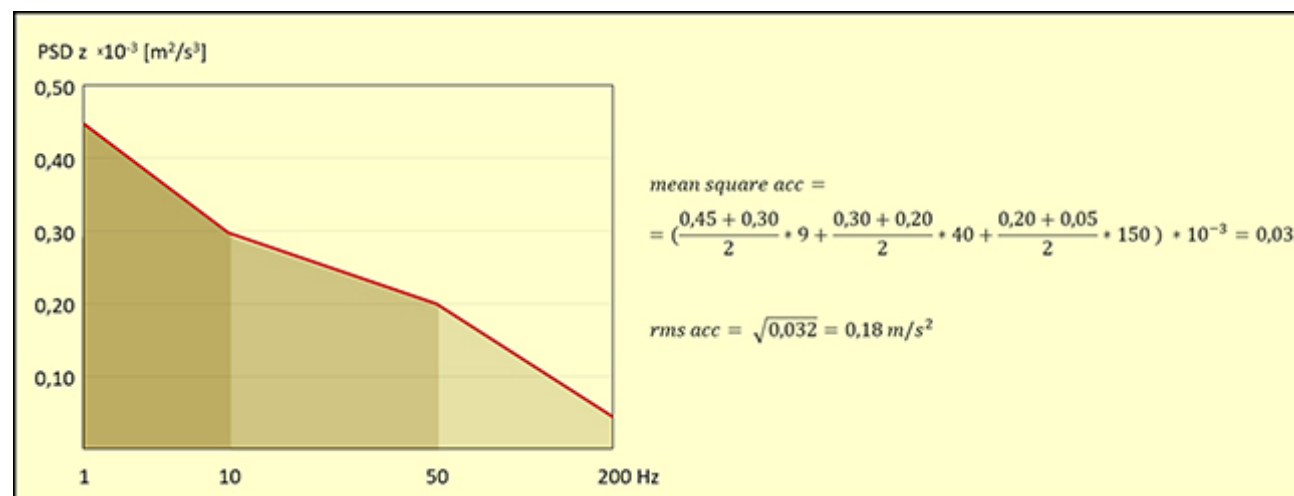


Bild: www.uwo.ca

VC-kraven omfattar endast lågfrekventa vibrationer 1 - 80 Hz. Omräknat till acceleration är rms hastighet VC-C: 78, 785 och 7850 µm/s² vid 1, 10 och 100 Hz.

$$a = v * 2\pi f$$


Eftersom responsen i en struktur inte är en ren harmonisk respons utan snarare närmast kaotisk så baseras många mätinstrument på *power spectral density* (PSD), som bättre identifierar energinivåskillnader i frekvensband. För att jämföra med ett accelerationskrav beräknas arean under kurvan för ett PSD-resultat.

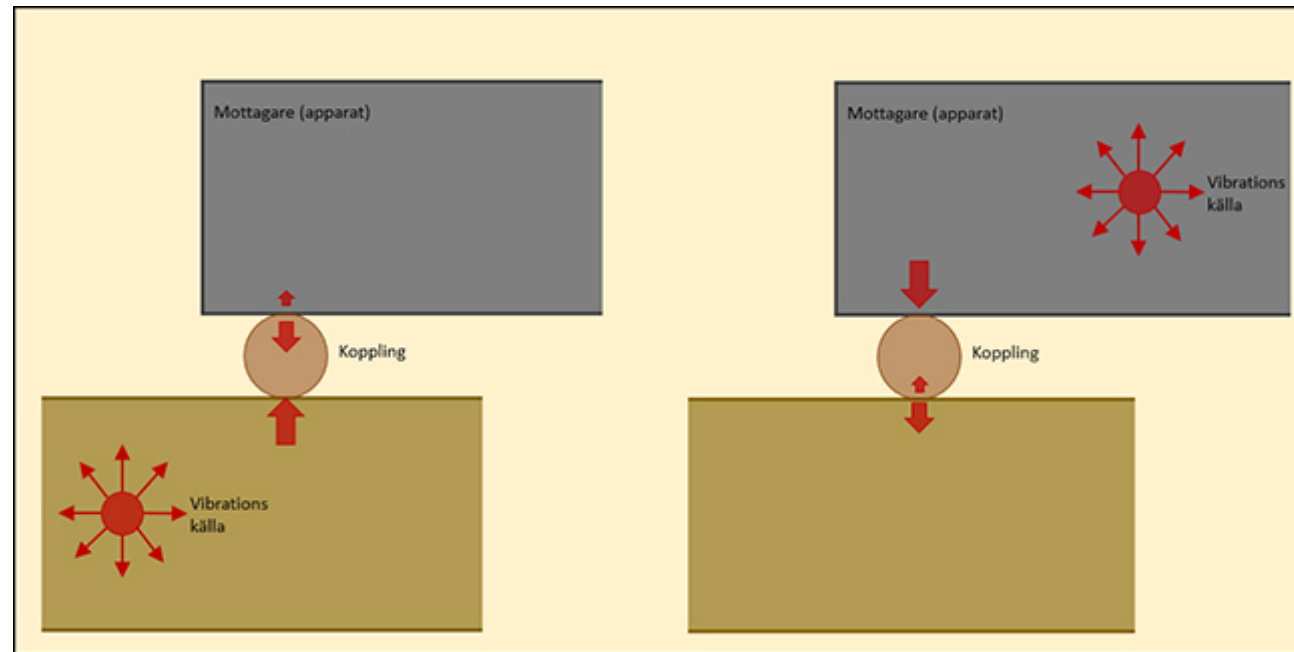


SPIKES ELLER MJUKA FÖTTER?

I en systemmodell med *vibrationskälla - transportväg - mottagare* så kan man med ganska avancerade beräkningar (TPA, Transfer Path Analysis) optimera egenskaperna för kopplingarna mellan tex en vinylspelare och ett golv. Tex skulle man i en sådan modell kunna optimera varje koppling för att:

- ge maximal *dränering* av vibrationer inom ett frekvensområde, eller
- minimera specifika resonanser, eller
- maximalt hindra utomstående vibrationskällor att fortplantas till andra sidan kopplingen, eller
- ge mottagaren kritisk dämpning
- osv...

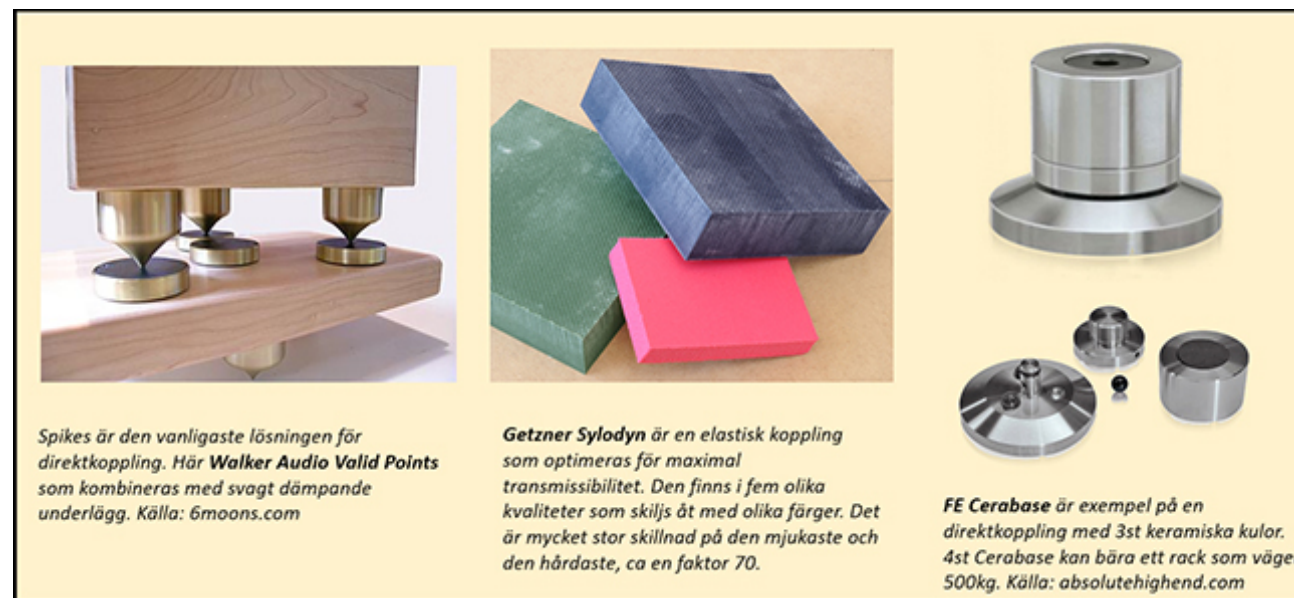
Men, om man gör en sådan optimering och sedan ändrar något, exvis apparatens eller rackets vikt, placering eller styvhet, så kommer beräkningen inte stämma längre. Alla ingående delar beror av systemmodellens dynamiska beteende, och vad som är bra i en uppställning kan vara dåligt i en annan. Det är inte hokus-pokus, det är bara komplext .)



Till vänster är en koppling placerad mellan vibrationskälla och mottagare, exvis musik som fortplantas i stommen. Till höger är vibrationskälla och mottagare i samma apparat, exvis motor eller trafo. Kopplingens funktion är då att dränera vibrationer.

Vi anser därför att det inte finns någon universal koppling som är bäst i alla lägen. Det beror alldeles på vad problemet är, de ingående apparaternas/delarnas egenskaper och vad man vill optimera. Direktkoppling kan potentiellt ge feedback eller kraftigt reflekterande transienter. Elastisk koppling kan ge överdämpning eller oanade resonanser. Elastisk koppling kan även totalt ändra apparatens/rackets verkningssätt, och kräver därför större försiktighet än direktkoppling.

Även om man skulle ha möjlighet att göra denna typ av beräkningar (jo, vi har provat) så blir det svårt att genomföra med nödvändig precision. De flesta som tillverkar denna typ av kopplingar/fötter vill inte eller kan inte lämna ut de uppgifter som skulle behövas. Vi är alltså utlämnade till att prova oss fram.



SLUTSATSER

För att isolera pickupen från vibrationer så måste drivverkets resonansfrekvens vara låg. För ett odämpat drivverk är förhållandet mellan överförd kraft och påförd kraft:

$$T = \frac{1}{1 - \left(\frac{f_p}{f_0}\right)^2}$$

där f_p är frekvens hos påförd vibration och f_0 är systemets egenfrekvens. Vibrationer under 1.4 gånger drivverkets resonansfrekvens kommer inte att

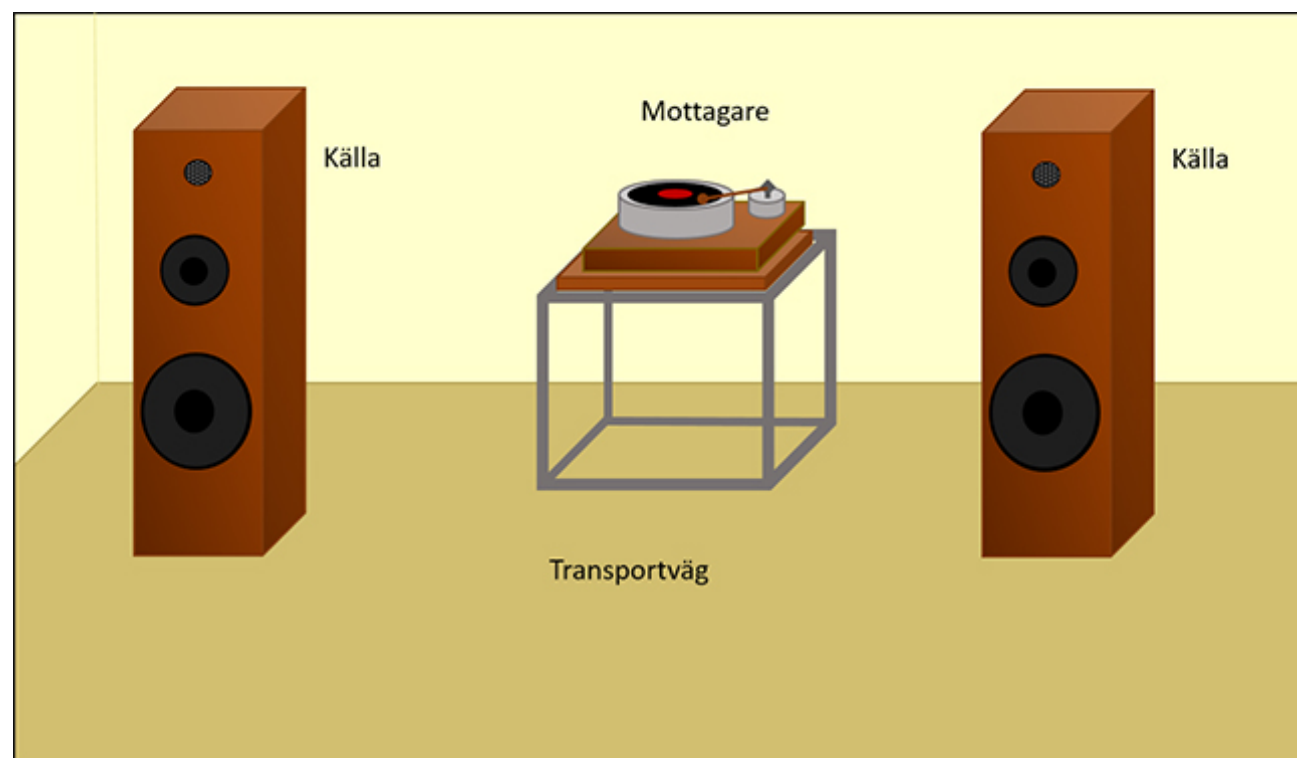
avisoleras. De kommer att förstärkas. Och för chocker är faktorn 2.0 (kvadraten på f_p/f_0 försvinner).

För stela drivverk bygger konstruktionen på att lågfrekventa resonanser *inte kan* förstärkas (det finns ju inget som fjädrar) och att påförda vibrationer minimeras genom friktions- eller hysteresisdämpning. Denna filosofi bör väl i första hand då också tillämpas på racket. (Om man i stället avisolerar drivverket, så har man ju radikalt ändrat drivverkets funktion till en flytande konstruktion.) Men för mycket dämpning påverkar pickupens respons och kan ge distorsion långt utanför de exiterande vibrationerna.

Konklusionen blir att både för stela och flytande drivverk så ska ostadiga rack inte användas. Det är helt otänkbart tänka sig att en avläsningsmekanism med känslighet ner till mikrometernivå ska kunna samverka med ett rack som rör sig flera millimeter. VC-klasser är en bra kravställning. Som exempel innebär VC-B att man accepterar max 25 μ m/s eller 3 μ m amplitud över 8Hz. Det motsvarar ca 10% av minsta graverade spårbredd på en vinylskiva. Men är det bra nog? Hur har man dämpat för att nå det kravet? Dessa frågor går att utvärdera, men det är ett mycket omfattande arbete, och man ska nog akta sig för att generalisera.

Lägsta egenfrekvens för racket bör ligga över 11 Hz för att inte samverka med tonarmsresonans. Däröver har ett rack en hel rad egenfrekvenser för alla tänkbara svängningsmoder, även om den första är mest elak. Men resonanser är bara hygiennivå, det innebär ju inte att racket blir vibrationsfritt. Eliminering av resonanser innebär "bara" att stötar mot racket inte förstärks.

REKOMMENDATIONER



Källa: Högtalarna placeras ju för att ge bästa möjliga soundstage i rummet, så det är knappast aktuellt att flytta dem för att minimera vibrationer till golvet.

- Ställ högtalarna på ett tungt och stumt underlag.
- Laborera med olika fötter för avisolering, såvida de inte försämrar högtalarnas klang. Om högtalaren blir överdämpad eller kabinettvibrationer reflekteras till membranen så har du misslyckats.

Transportväg: Bjälklagets styvhet spelar stor roll för överföring av lågfrekventa vibrationer.

- Hög styvhet minskar risk för lågfrekventa resonanser.
- Hög massa dämpar.

- Flytande golv är antagligen dåligt för klangen. Det beror också lite på hur flytande det är. Fyllda skivhyllor, en flygel och tunga möbler på ett flytande golv minskar sannolikt negativa egenskaper i detta avseende.

Mottagare: De problem som uppstår i rack/hylla/drivverk/tonarm är ofta kopplat till resonans vid specifika frekvenser.

- Gör ett styvt rack med hög massa med styv avisolering under hyllplan.
- Eller gör en vägghylla monterad styvt på en robust (murad eller gjuten) vägg.
- Flytta racket/hyllan till ett ställe som har tryckmin i rummet.
- Ändra egenfrekvenser så att man undviker excitera dessa. Öka styvhet för att höja egenfrekvenser, öka massa för att sänka egenfrekvenser.
- Öka konstruktionsdämpning; försök att närma dig kritisk dämpning, t ex med sandfyllning, pålimmad konstgummi eller andra metoder för att skapa friktion mot vibrationer. Även tonarmen kan dämpas, antingen armröret+skalet och/eller med koppar som oljefylls.
- Sätt lock på skivspelaren för att förhindra luftljud.

calle_jr



Admin

+ 2 230

17 272 posts

Location:Malmö

Posted November 11, 2016

#9

8. Anpassning av tonarm till pickup

De mest vitala delarna av en skivspelare är plint, drivverk, motorstyrning och tonarm, brukar man säga, men pickupen bör också inkluderas. Orsaken till att den räknas lite utanför är att pickupen tillverkas av *någon annan*. Samtidigt är val av pickup och tonarm väsentlig för att inte få en mekanisk störning vid avspelningen. Tonarmens uppförande och hur väl pickupen matchar är viktig för en korrekt återgivning. Så ur den aspekten har pickup- och tonarmstillverkare ett ömsesidigt beroende. Det handlar om massans betydelse i förhållande till pickupens fjädringsmjukhet, vilket vi behandlar i detta avsnitt.

EFFEKTIV MASSA

Massan i detta fall är inte vad tonarmen väger utan dess effektiva massa plus massan från pickup och skruvar. Om tonarmen säljs med pickupskal så ingår den i tonarmens effektiva massa. Dessa tillsammans utgör den **totala effektiva massan**. Den kan enkelt definieras som summan av den massa som belastar nålen i alla riktningar (xyz-led) i skivspåret. Det är inte alldeles enkelt att definiera en tonarms effektiva massa. Ofta görs approximationer med en formel som tar hänsyn till motvikter och effektiv längd av tonarmen samt hur nära vikterna är placerade i förhållande till tonarmens pivot (upphängning). Ju mer vikt som kan koncentreras nära pivot desto mindre påverkan på den effektiva massan.

Av detta följer att en given vikt vid pickupfästet påverkar effektiva massan mer än om motsvarande vikt hade anbringats vid tonarmens pivot. Pickupens vikt kommer m a o att påverka den totalt effektiva massan, liksom pickupskal, skruv/mutter och kablar. Därför blir även pickupens vikt en del av den ekvation som följer lite längre ner. Det finns tonarmar som pga av sin konstruktion har varierande effektiv massa under avspelning, t ex Thales, men här behandlas inte den typen av specialkonstruktioner.

Om man nu inte vet den effektiva massan så är den bästa rekommendationen att kontakta säljaren eller tillverkaren. Om svar uteblir så går det ta reda på det själv. Den finns lite olika modeller för detta. Den enklaste approximationen är kanske den följande:

- Ta bort motvikterna på tonarmen
- Sänk ner pickupen mot skivtallriken där du placerat en nålvåg och läs av värdet som är i gram.
- Dra ifrån pickupens vikt
- Nu har du en hyfsad approximation över tonarmens effektiva massa uttryckt i gram



Nålvåg

Skall man vara riktigt noga så finns det betydligt mer sofistikerade mätmetoder där man först måste beräkna tonarmens tröghetsmoment kring lager, armens effektiva längd och ekvivalent massa som krävs för att balansera armens tröghetsmoment. En noggrann kalkyl visar då att störst inverkan på massan får man från upphängningen fram till tonarmens framkant. Approximationen ovan är oftast tillräcklig för detta ändamål.

FJÄDRINGSMJUKHET (eng: compliance)

Kårt barn har många namn. Det engelska ordet för fjädringsmjukhet är *compliance* (som ordboken säger betyder *överensstämmelse*). I gamla svenska specifikationer används *fjädringsmjukhet* som mer beskriver vad det handlar om. Idag används alltmer det försvenskade ordet *komplians* som ännu inte finns i det officiella svenska språket när detta skrivs. Språket är en levande massa och i vår artikelserie förekommer både *komplians* och *fjädringsmjukhet*. Innebörden är densamma och den mäts på samma sätt och med samma enheter.

Därmed har vi kommit till den andra delen av av problematiken; om pickupens **fjädringsmjukhet** som mäts och uttrycks som $\mu\text{m}/\text{mN}$. Hur förklarar man då fjädringsmjukhet, vad är det? Som vi beskrivit i avsnitt 3 är fjädringsmjukheten C kvoten av nålens deformation och aktuell kraft ($C=y/F$). Ett jordnära exempel: Pondera en spiral- eller bladfjäder som är konstruerad för att bära en specifik last. Om man lastar på för mycket så går den i botten och dess fjädrande egenskaper kollapsar. Om vi lägger på för låg massa får man ingen användning för dess fjädrande egenskaper. Om vi överför det till t ex en bil, säger vi att den är för hårt fjädrad. En nålarm kan ses som en fjäder med samma logik. Nålarman är monterad genom en gummiring i pickuphuset. Dess specifikation är gjord så att den skall klara den kraft som massan utgör. Det är alltså dess fjädrande egenskap vi då pratar om. Det innebär att nålarman har en viss rörlighet mellan skivspåret visavi pickuphuset som kan jämföras med en fjäder. Med bil exemplet motsvaras nålen av bilens däck som skall kunna köra på en gropig väg utan att fjädrarna slår i botten. Bilen skall heller inte kränga för mycket. Det finns ett område där vägens ojämnheter, fjädrarnas uppförande tillsammans med bilens massa skapar en komfortzon. Den rörelseförmåga som nålarman har under en given belastning kallas för **fjädringsmjuket**.

En hög fjädringsmjukhet (mjukare fjädring) innebär att nålarman rör sig mer och lättare än en låg fjädringsmjukhet (hård fjädring). Observera att de krafter vi pratar om här är inte de samma som i begreppet nålanliggningskraft eller VTF (*Vertical Tracking Force*) som behandlas i annat avsnitt.

Mer information om fjädringsmjukhet återfinns i avsnitt 3 som också beskriver pickupens övriga delar.

SAMBANDEN OCH EFFEKTEN

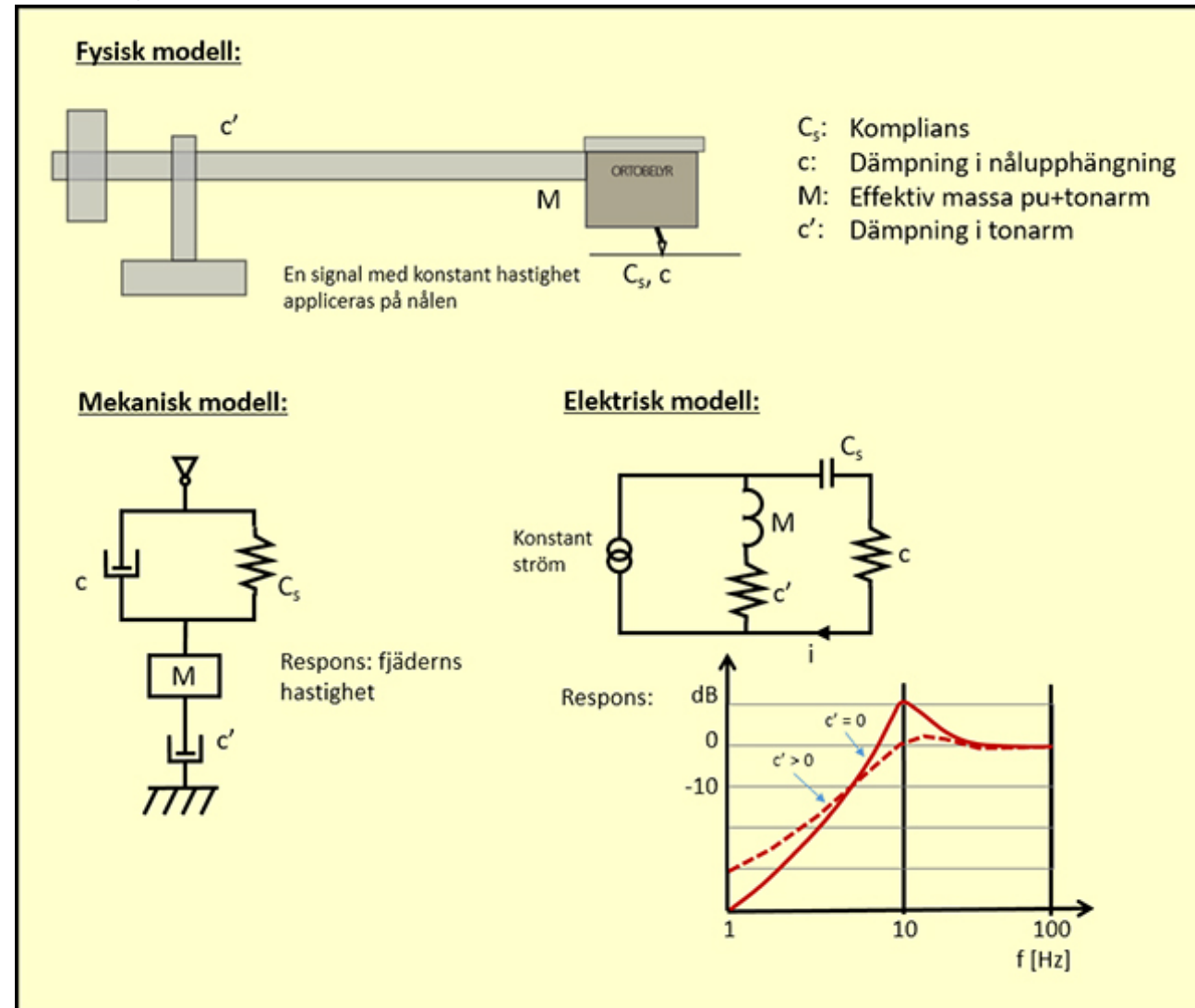
Precis som med bilen behöver en stor massa (en tung bil) styvare fjädring än en lätt. Effekten av fel fjädring i bilen förstår de flesta av oss och den är i vissa avseende identisk med vad som händer i skivspåret. En pickup med för mjuk fjädring i en arm med hög massa har svårt med att spåra ojämna skivor och i besvärliga passager med låga bastoner i höga volymer (= svårforcerad gravering i skivspåret). Den för höga massan klarar inte den följsamhet som den mjukare fjädringen kräver. Det kan skapa ogynnsamma vibrationer kring 4-6 Hz som får arm och pickup i självsvängning vilket har negativ inverkan på ljudet och genom sämre spårning. Det skapar resonanser som kommer att påverka ljudet negativt. Armen kan t o m wobbla så kraftigt att det helt enkelt inte går att spela.

En resonans innebär i detta fall att ett system börjar vibrera som utgår från nålarman och överför vibrationerna till ett annat system (tonarmen) med ännu större amplitud vid en specifik frekvens. Vi tar ytterligare ett bil exempel. Ett obalanserat däck på en bil kan se relativt oskyldigt ut om man bara fäster blicken mot däcket. Men vibrationerna överförs till bilens axlar och därifrån till kaross och vidare till kupén där ljudet av obalansen kan vara riktigt kännbar både i form av oljud och vibrationer. Vid en viss fart blir det allra värst vilket blir vid bilens systemresonans.

Det råder lite olika meningar om inom vilket spann systemresonansen tonarm/pickup bör ligga. Ortofon säger mellan 7-12 Hz men på HiFi News testskiva skriver man 8-15 Hz. Det finns ingen definition som säger att t ex 9 Hz är bättre än 8 Hz osv, men om man läser vad *experter* tycker på diverse hemsidor så tycks det råda samstämmighet om att

försöka hamna inom 9-11 Hz. Utgångsläget är att hamna under audiobandet, men inte så lågt att man riskerar samverka med normalt ojämna skivor, svaj och muller. I tabellen nedan utgår vi från Ortofons rekommendation.

Här är en fysisk, mekanisk och elektrisk modell av sambanden mellan pickup och tonarm;



Beräkning av systemets resonansfrekvens:

Man kan utgå från rörelseekvationerna som vi tittade på i avsnittet om rack och uppställning. Precis som där kommer vi till sambandet som beskriver resonansfrekvens:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{c}{2m}\right)^2}$$

Sedan får man [trixa lite](#):

- Bortse från dämpning ($c=0$). Då försvinner andra termen under rottecknet.
- Sätt fjädringsmjukhet som inversen av fjäderstyvhet så att $k=1/C$.
- Korrigera för enheter så att man kan lägga in massa i [g] och fjädringsmjukhet i [$\mu\text{m}/\text{mN}$], dvs dividera med roten ur $10^{-3} \cdot 10^{-3}$.

Voilà:

$$f = \frac{1000}{2\pi\sqrt{M * C}} \quad \text{systemets resonansfrekvens [Hz].}$$

Med fjädringsmjukhet **C** (komplians) uttryckt i $\mu\text{m}/\text{mN}$ (ofta uttryckt i cm/dyne och $1 \text{ cm}/\text{dyne} = 10^6 \mu\text{m}/\text{mN}$).

M är tonarmens totala effektiva systemmassa i gram, vilket är summan av tonarmens effektiva massa och vikten av pickup och skruvar.

Beräkningen är korrekt (inte empirisk) sånär som att man bortser från dämpning i upphängningen (vilket inte är obetydligt). Dessutom är kompliansen inte konstant utan frekvensberoende. Men det är ett bra utgångsläge. Här är samma formel i Excel-format som du kan applicera i ditt HiFi-bibliotek och sätta in dina värden för **C** och **M**:

$$=1000/(2*PI()*ROT(C*M))$$

I följande tabell finns ett antal tonarmar listade med effektiv massa inklusive pickupskal men utan själva pick-upen. Det är alltså värden enbart för tonarmen. Alla tillverkare uppger dessvärre inte sin effektiva massa. Värdena i tabellen är en blandning från olika källor. Vanligast idag är att man anger effektiva massan i 3 nivåer.

1. Låg effektiv massa => 10 gram eller lägre
2. Medelhög effektiv massa => mellan 11 och 25 gram
3. Hög effektiv massa => mer än 25 gram

Tillverkare/Modell	Effektiv massa (gram)
SME IIIS	6,0
ADC LM-1	7,0
SME 309	9,5
SME V	10,5
Kuzma Stogi	12,0
Kuzma 4Point	14,0
Brinkmann 10.5	10,0
Rega RB300	11,5

Effektiv massa för några tonarmar

De flesta tonarmarna idag har medelhög massa. Annat var det på 70-talet då det var en kamp mellan tillverkare att komma med tonarmar med så låg massa som möjligt. Det fanns en anledning till det. Mer om det senare.

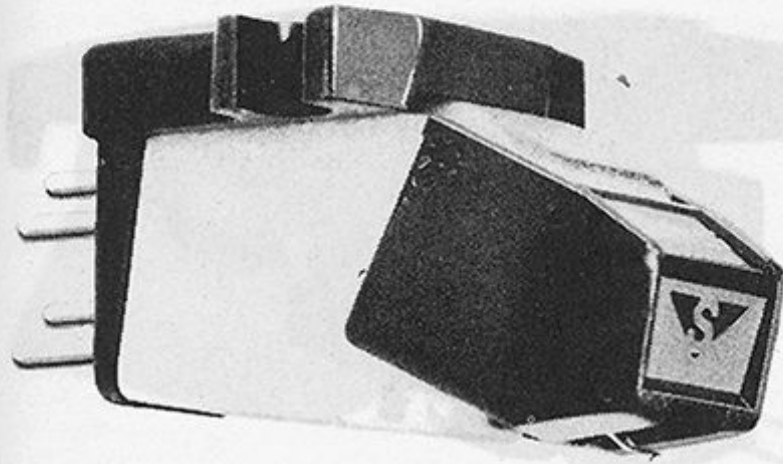
För att utföra ekvationen behöver vi också värden för pick-upen. Nedan några exempel på fjädringsmjukhet och vikt för några pickuper. Normalt sett redovisas dessa av tillverkaren på deras hemsida eller hos handlaren.

Tillverkare/Modell	Vikt (gram)	Fjädringsmjukhet ($\mu\text{m}/\text{mN}$)
Benz LP (MC)	16,0	15
Clearaudio Concerto (MC)	7,0	15
Goldring 2200 (MM)	7,2	20
Lyra Delos (MC)	7,3	12
Lyra Kleos (MC)	8,8	12
Ortofon 2M Black (MM)	7,2	22
Ortofon 2M Red (MM)	7,2	20
Ortofon Cadenza Red (MC)	10,7	12
Ortofon PW (MC)	13,0	16
Sumiko BP Evo III (MC)	8,3	12

Vikt och fjädringsmjukhet för utvalda pickuper

Som framgår av tabellen så har MM-pickuper högre fjädringsmjukhet än MC-pickuper. Enligt tidigare resonemang är de därför mer lämpade för tonarmar med lägre effektiv massa än MC-pickuper som i sin tur mår bättre med högre effektiv massa.

Under 70-talet var det i huvudsak MM-pickuper som fanns på marknaden med märken som Pickering, Ortofon, Stanton, ADC, Shure, Empire och några till. De tävlade om att ha så hög fjädringsmjukhet som möjligt där värden mellan 25-30 $\mu\text{m}/\text{mN}$ eller mer inte var ovanliga. Det högsta jag noterat hade amerikanska Sonus Green Label som toppade listan i 1979 års Stereo & Hifi-handbok med 50 $\mu\text{m}/\text{mN}$. 🤔 Det är dock lite oklart om värdet är statiskt eller dynamisk eller vid vilken frekvens den är uppmätt (se mer om detta i avsnitt 3). 🤔



SONUS Green Label

ALLMÄNNA DATA	Prisklass inkl. 20,63 % moms. . . . (kr)	650:-
	Tillverkare	Sonic Research Inc., USA
	Generalagent	Firma Thore Wallenstrand
	Särskilda egenskaper	
TEKNISKA DATA	Rekommenderad nålkraft (mN)	7,5–12,5
	Princip	Inducerad magnet
	Frekvensomfång (Hz)	5 – 20 000
	Utspänning (mV/cm/s)	0,8
	Kanalseparation 315 – 6300 Hz (dB)	30
	Fjädringsmjukhet (um/mN)	50
	Rörlig nålspetsmassa (mg)	
	Nålspets (um)	15
Avst. nålspets – monteringshål . (cm)	1,2	

Källa: Stereo & Hifihandboken 1979

Dessa höga värden var också anledningen till att tonarmstillverkarna kom ut med allt lättare armar under 70-talet. Det hela fick ett avbrott mot slutet av 70-talet när Ortofon lanserade sin MC 20. Den blev en stor succé. Nu var det MC som gällde, som hade betydligt lägre fjädringsmjukhet med typiska värden mellan 10-15 $\mu\text{m}/\text{mN}$. Därmed var lättviktsarmarnas tid över, representerade av ADC LMF.1 och SME IIS i tabellen ovan.

Nu har vi värden som vi kan använda oss av i ovanstående formel. Om vi väljer en SME 309 anges den effektiva massan till 9,5 gram. Vi vill beräkna resonansfrekvensen med en Ortofon Cadenza RED som väger 10,7 gram vilket ger en total effektiv massa på $M=20,2$, dvs värdet för **M** i formeln. Vi sätter in värdet för **C** som är fjädringsmjukheten; för denna pickup är värdet 12 $\mu\text{m}/\text{mN}$. Formeln säger att systemresonansen tonarm/pickup hamnar på 10 Hz, vilket är helt OK eftersom det ligger inom spannet 7-12 Hz. OBSERVERA! Formeln utgår ifrån fjädringsmjukhet mätt vid 10Hz vilket är standard i Europa. Du bör alltså säkerställa att du har rätt referens för att få rätt svar. Komplians anges olika i Europa, USA och Asien. Kompliansen bör normalt multipliceras med 1.5-2 för japanska pickuper (mätt vid 100Hz) och med 0.5 för amerikanska pickuper (statisk mätning). Tillverkaren kan förtydliga detta.

Genom att sätta in ett antal värden på **C** och **M** i formeln kan vi skapa en användbar tabell att använda som närmevärden. Addera vikten på din pickup med effektiva massan på din tonarm och avläs värdet i tabellen under *Total effektiv massa* där raden för din pickups fjädringsmjukhet korsar. Här har du ditt teoretiska värde på systemresonansen för en kombination tonarm/pickup. Om du hamnar i en röd box har du inte optimal anpassning mellan tonarm och pickup enligt formeln och de rekommendationer som i allmänhet ges.

Fjädringsmjukhet µm/mN	Total effektiv massa (gram)					
	15	20	25	30	35	40
8	14,5	12,6	11,3	10,3	9,5	8,9
10	13,0	11,3	10,1	9,2	8,5	8,0
12	11,9	10,3	9,2	8,4	7,8	7,3
14	11,0	9,5	8,5	7,8	7,2	6,7
16	10,3	8,9	8,0	7,3	6,7	6,3
18	9,7	8,4	7,5	6,8	6,3	5,9
20	9,2	8,0	7,1	6,5	6,0	5,6
22	8,8	7,6	6,8	6,2	5,7	5,4
24	8,4	7,3	6,5	5,9	5,5	5,1
26	8,1	7,0	6,2	5,7	5,3	4,9
28	7,8	6,7	6,0	5,5	5,1	4,8
30	7,5	6,5	5,8	5,3	4,9	4,6

Optimalt
För hög/låg resonansfrekvens

Tabell över beräknade värden på systemresonanser vid olika kombination av fjädringsmjukhet och total effektiv massa.

Vi upprepar igen att det finns lite olika meningar om det optimala spannet. Här har vi använt oss av Ortofons rekommendation. Tiondelarna är av mindre vikt. Avrundning till närmast hel eller halv ger tillräcklig noggrannhet, vilket bör beaktas framför allt i gränsländet mellan rött och grönt. Den matematiska modellen ger en indikation som bör följas upp med ett praktiskt lyssningstest oavsett om man hamnar på grönt eller rött. Det finns hjälpmedel för detta vilket presenteras lite längre fram i detta avsnitt.

Tabellen visar också att för dagens tonarmer och pickuper är inte systemresonanser ett större problem - i stort sett inget problem alls. Annorlunda var det på 70-80-talet då MM-pickuper med hög fjädringsmjukhet dominerade marknaden samtidigt som de vanliga S-armarna från Japan ofta hade för hög effektiv massa för bäst synergi för de mest högkomplianta pickupererna.

Av formeln och tabellen att döma så är det något mer äventyrligt att hitta rätt värde för en MM-pickup till tonarmer med lite högre effektiv massa. De flesta MM-pickuper idag har en fjädringsmjukhet kring 20-22 µm/mN . Å andra sidan väger de mindre och tillför inte så mycket till den totala massan. MC-pickuper har dock en större flexibilitet vid val av arm så som tonarmsutbudet ser ut idag.

Om man hamnar fel kan det räcka med att byta monteringskruvar till tyngre eller lättare varianter. Amerikanska Soundsmith har tagit fram en bukett av olika monteringskruvar som lösning för att hitta optimal matchning. Dessa väger från 1,04 - 6,14 gram per par. Med hjälp av resonansfrekvensformeln ovan kan du ändra värdena för **M** och se hur de påverkar resonansfrekvensen. Tänk på att subtrahera vikten av de monteringskruvar du ersätter när du gör beräkningen.



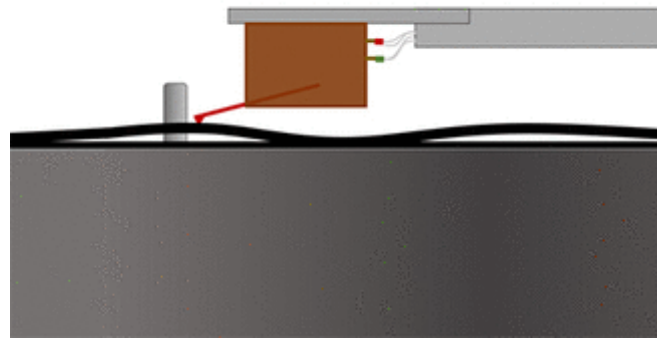
Bild: Soundsmith

Det går också sticka in ett mellanlägg mellan pickup och tonarmsskal om man vill öka massan. OBS! att det skall vara omagnetiskt. Du måste också justera om tonarmens höjd (VTA) eftersom avspelningsvinkeln ändras genom mellanlägg. Även nålarmstrycket (VTF) måste justeras om.

Har tonarmsresonanser någon hörbar effekt?

Ja. En effekt av tonarmsresonans är att om resonansen blir exciterad så åker nålen fram och tillbaka längs spåret under spelning. Denna effekt har *dels* samma inverkan som hastighetsavvikelse i tallriken kan ha (dvs svaj), *dels* blir det ett oönskat *hiphop scratchtillskott* 😊 Man ser ju enkelt amplituder i storleksordningen 1 mm vid tonarmsresonans (kolla på nålen med en testskiva som exciterar din resonans). Även om resonansfrekvensen för pu+tonarm är helt normal, säg 10 Hz, så blir resonanshastigheten i nålen

$v_{NÅL} = 2\pi Y_{NÅL} f_0 = 2 * 3,14 * 0,5 * 10 = 31 \text{ mm/s}$. Detta motsvarar en *scratch-hastighet* på 14 mm/s längs spåraxeln ($v_{SPÅR} = v_{NÅL} * \tan \beta$, där β är nålarmsvinkeln dvs VTA, antag 25°). Eftersom skivans hastighet varierar från ca 500 till 200 mm/s utifrån och in, så kommer denna scratch-modulering motsvara 3-7%, dvs ytterst hörbart!



Tonarmsresonans som exciteras av ojämn skiva. Även om spåret skulle vara omodulerat så kommer resonansen att få nålen att förskjutas fram och tillbaka med en hastighet motsvarande tonarmsresonansen. Skalorna är kraftigt överdrivna.

En annan effekt vid resonans är att nåltrycket "förbrukas" när armen vibrerar. Om vi tar samma pu+arm som ovan och antar att den har en komplians på $12 \times 10^{-6} \text{ cm/dyne}$, så kommer nålen behöva 4 grams tryck (0.5/12 N) enbart för själva resonansvibrationen. Detta är en bra bit över normalt nåltryck vilket innebär att nålen kommer spåra ur. Även om nålen är dämpad så att resonansen begränsas så inser man att denna effekt kommer smitta ner audiosignalen.

Båda dessa effekter ger alltså en *elektromekanisk påverkan* trots att resonansfrekvensen i sig ligger klart under hörbart område. Vi återkommer till de elektromekaniska sambanden i avsnitt 11 😊

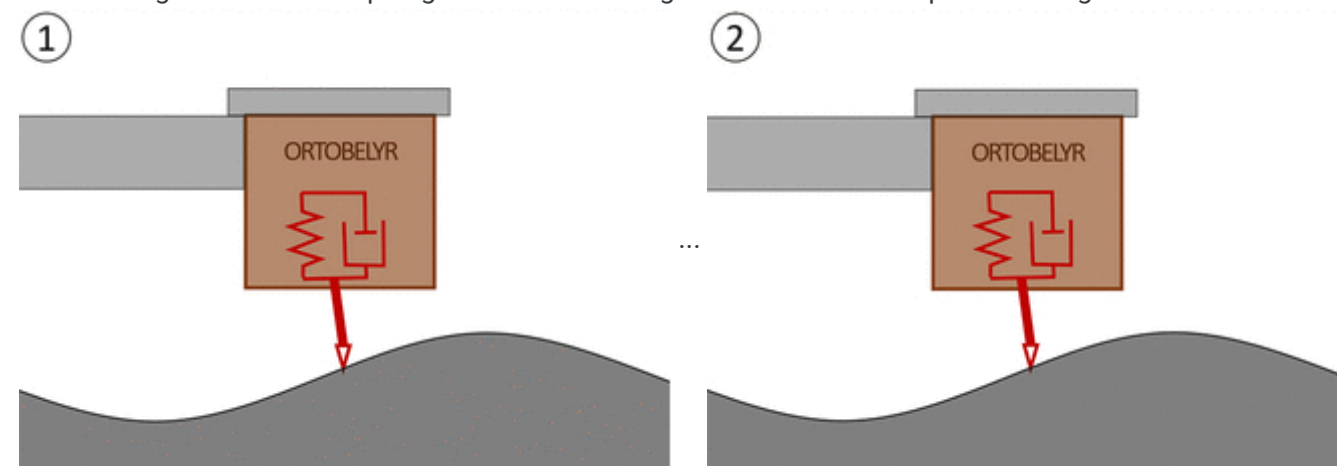
Liten praktisk lathund

Vi rekommenderar följande punkter inför köp av ny pickup och/eller tonarm

- Ta reda på pickupens komplians och vikt samt armens effektiva massa och utför den teoretiska beräkningen samt säkerställ att den ligger inom ovanstående rekommendation.
- Pickupens vikt är också viktig av annat skäl. Klarar armen av pickupens tyngd? Om inte armens standardutförande klarar vikten så måste du säkerställa att tillverkaren kan förse dig med tyngre motvikter.
- Pickupens höjd! Det finns många armar som helt saknar eller har begränsad VTA-justering. (Uppgiften kan vara svår att hitta, tillverkaren brukar dock vara snabb med att ge den informationen).

DÄMPNING AV TONARM - BRA ELLER OBRA?

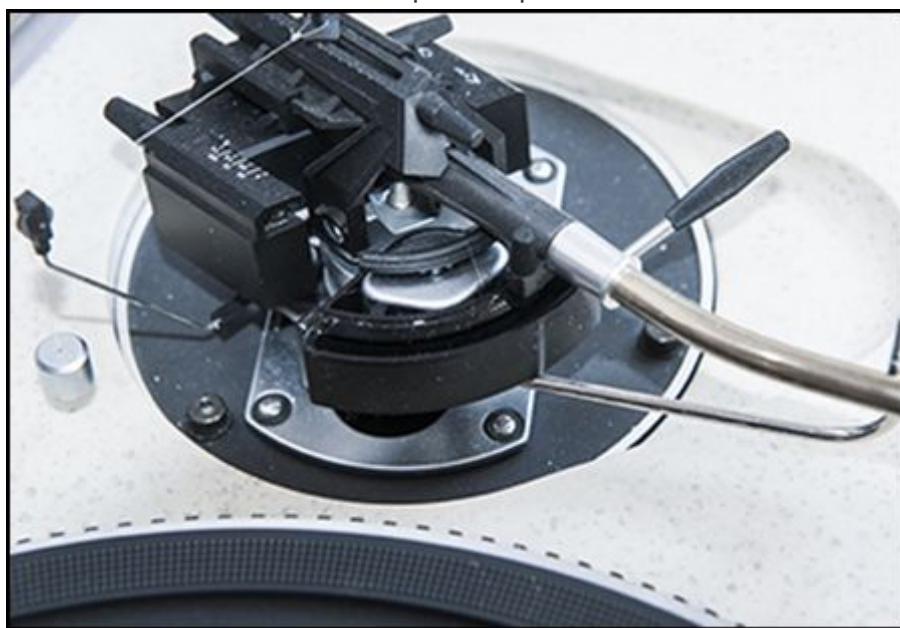
Vid uträkning av tonarms- och pickupkombinationens systemresonans får man den frekvens där resonansen toppar. Den ger dock inget besked om dess Q-värde (vilken frekvensbredd den har, t ex 8-11 Hz med en topp på 9 Hz) eller dess amplitud (hur högt den toppar i frekvensen). Man kan alltså få problem även om man ligger inom det optimala området. Ett sätt att komma åt detta är att dämpa armen med t ex silikonolja. Detta är inget man normalt gör på egen hand. De tillverkare som sett problem med detta har ofta någon form av dämpning i sin arm. Samtidigt var detta ett större problem tidigare med ultralätta armar och pickuper med hög fjädringsmjukhet mer än 20-30 $\mu\text{m/mN}$.



Det böljande landskapet illustrerar spåren på en LP som roterar. När man studerar dessa animationer är det lätt att inse att om tonarmen påverkas (bild 2) kommer generatoren inte avläsa samma sak som finns graverat i spåret. I bild 1 ligger tonarmen helt still och generatoren får samma avläsning som nålen. Skalorna är naturligtvis kraftigt överdrivna.

Men MM-pickuper finns fortfarande och ökar dessutom sin försäljning. (Här inkluderar vi även så kallade MI-pickuper som ligger nära principen för MM, se avsnitt 3). Likaså finns det intresse för äldre lättare armar från till exempel SME's tidigare modeller. Det finns fler tillverkare som har dämpning i sina konstruktioner men SME's lösning är kanske den mest omtalade.

SME insåg problemet i samband med lanseringen av sin SME III-serie som hade en liten finurlig dämpvariant som består av ett tråg som fästes vid tonarmslyften. Runt tonarmen spänns en paddel som sänks ner i tråget som fylls med silikonolja. Paddlarna fanns i olika storlekar beroende på pickupens fjädringsmjukhet. På bilden ses tråget i bildens mitt med den nedsänkta paddeln på en SME III.



Dämpningstråg på SME III

Denna dämpning fungerar som en stötdämpare, dvs den mildrar de häftiga svängningar och rörelser pickupen genererar och därmed amplituden på vibrationerna som armen tar upp vilket var ett problem med dessa superlätta armar. Vid denna tid lanserades dessutom direktgraverade album som hade högre utstyrning och bredare frekvensomfång än de vanliga plattorna vilket accentuerade eventuella problem.

SME's dämpningslösning blev en lyckad satsning och fungerade även om det fanns belackare då som nu. Deras förra arm och storsäljare SME 3009 Imp. var inte superlätt men ändå med rätt så låg massa. SME lanserade *oljastråget* till dessa som ett tillbehör. Det kallades **Fluid Damper 200** eller **FD200** som anbringades på samma sätt som på bilden ovan.

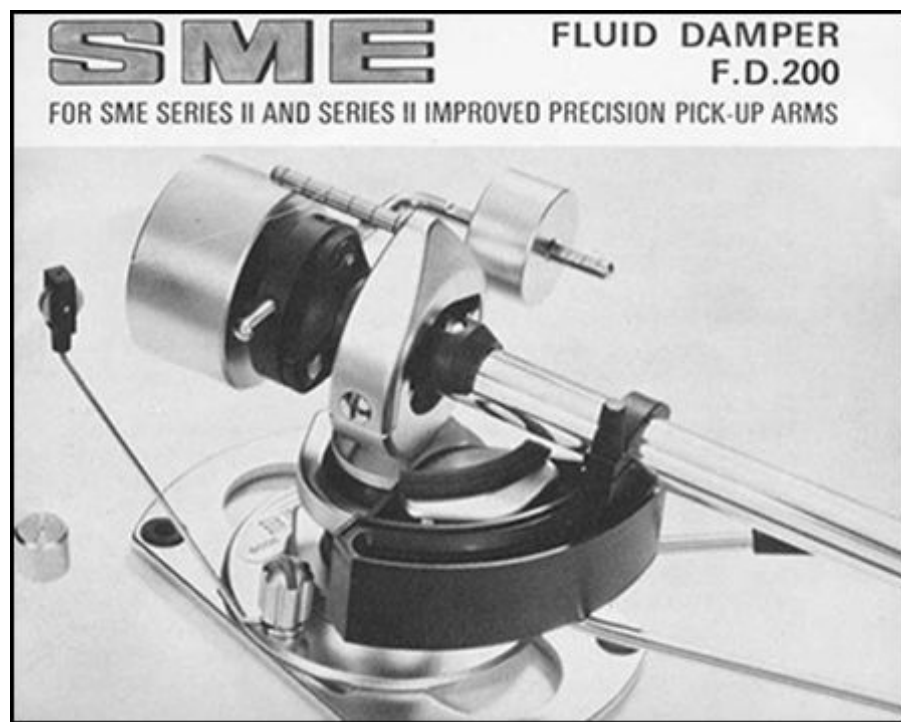
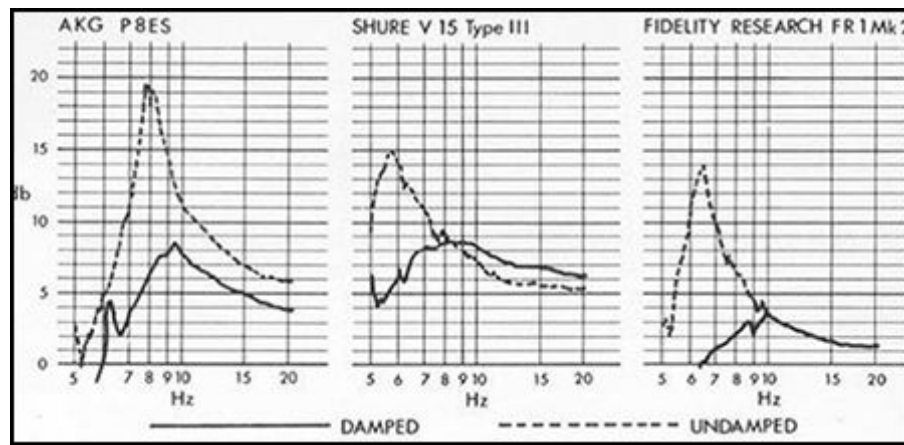


Bild: Kopia på manual för FD200

Effekten var betydande som framgår av följande diagram. Som framgår av grafen var den särdeles hög på AKG P8ES, både i amplitud och i frekvensbredd (Q-värde).



Källa: SME's manual till FD200

Med MC-pickuper och medellätta armar är inte detta ett större problem. Men om du spelar med MM-pickuper med hög fjädringsmjukhet i lätta armar kan det vara värt att undersöka hur väl dämpad tonarmen är.

Som så mycket annat i denna vinyltråd är det möjligt att gå betydligt djupare för att se hur saker hänger ihop än vad som behövs för att få bra ljud där hemma. För en konstruktör/tillverkare är det däremot väsentligt att ha koll på parametrarna för att ta fram förstklassiga produkter. En del av våra läsare kan också tycka det är intressant att diskutera hur det *egentligen* fungerar. Vi har inte exakta svar på det, men kanske en kittling till vidare diskussion. Här kommer därför lite mer avancerade exempel.

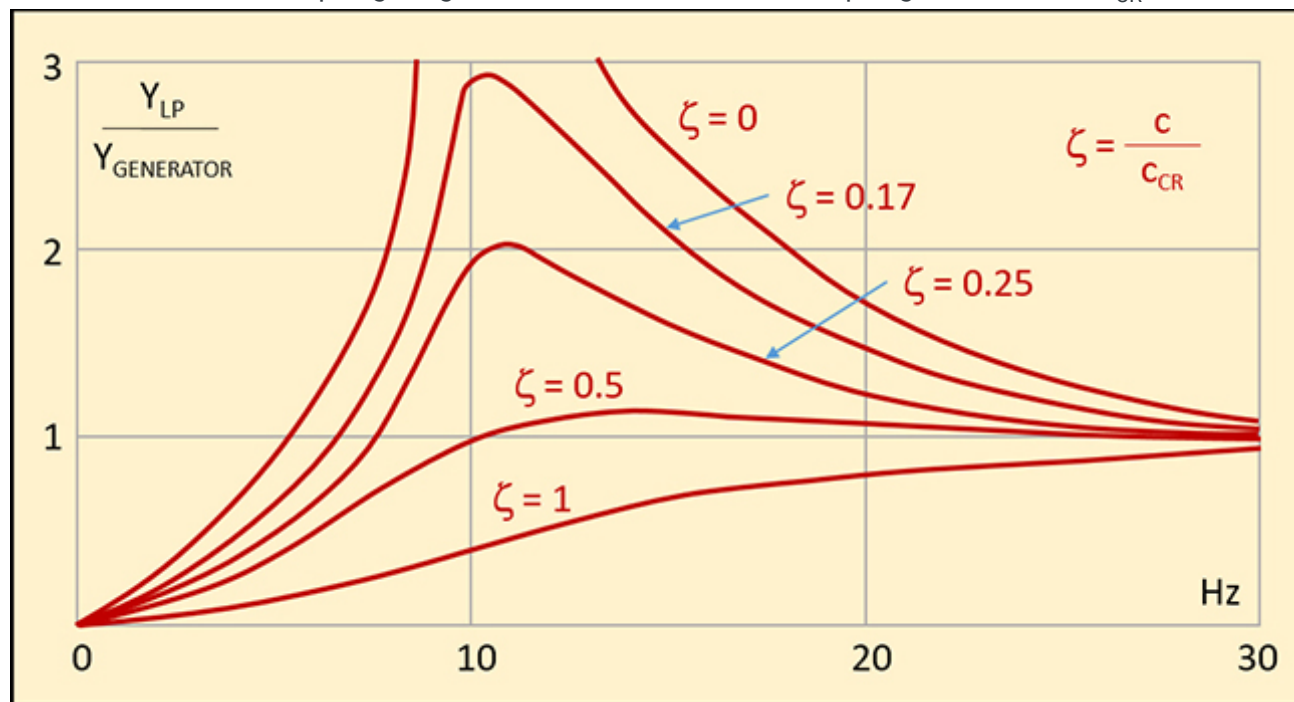
Studera de två rörliga bilderna med tonarmen i spåret ovan en gång till. För en helt odämpad pu/arm kommer tonarmen obönhörligen löpa amok vid resonans. För en överdämpad pu/arm kommer en del av den rörelseenergi som ska överföras till generatorm att dämpas och pickupen kommer tappa dynamik. Eftersom tonarmsresonans avpassas till en bra bit under vad som är hörbart, så kommer båda dessa beteenden och allt däremellan delvis ha klingat av i lågbasområdet.

Om man börjar med att tänka sig hur berg- och dalbanan i spåret ser ut från nålens synvinkel. Vi kan välja tex spårets mittlinjes förflyttning i höjdlid. Kalla denna förflyttning Y_{LP} .

Om man sedan tänker sig motsvarande deformation i generatorm vid samma tidpunkt. Kalla denna förflyttning för $Y_{GENERATOR}$.

Antag vidare att vi har ett system av pu och tonarm som ger en beräknad resonansfrekvens på 10 Hz.

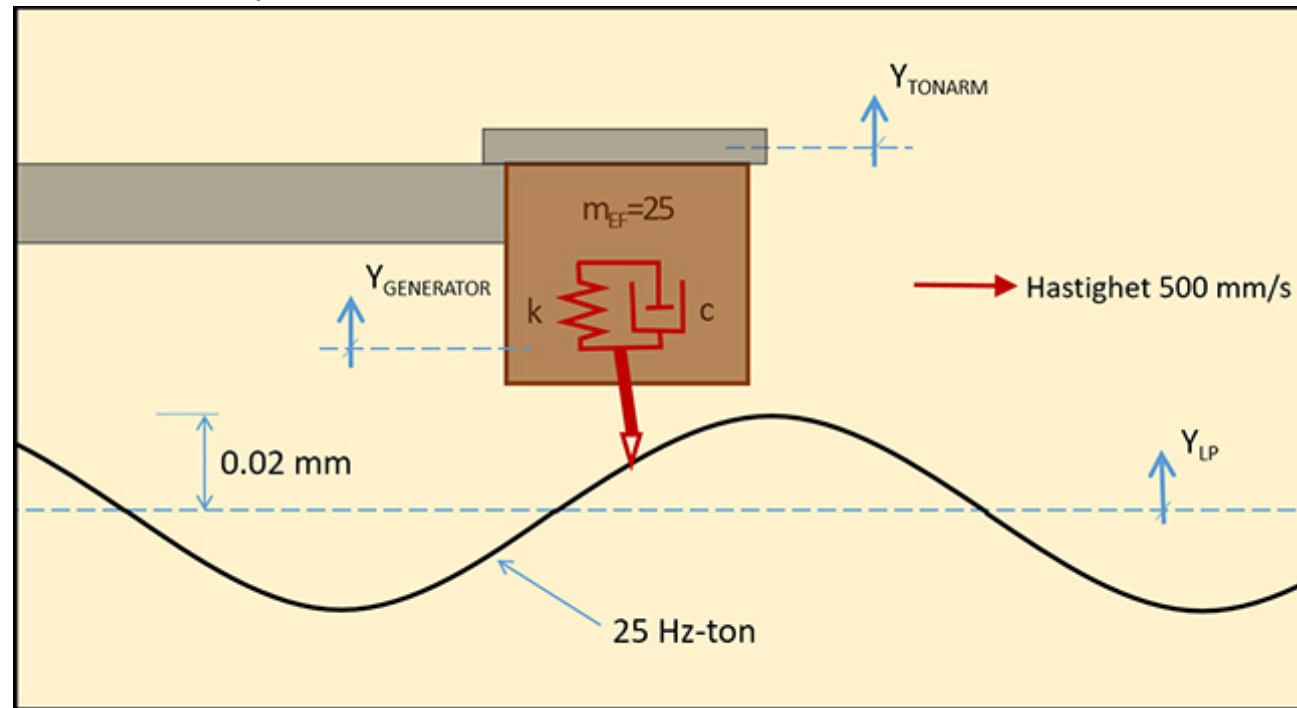
Vid olika grad av påförd dämpning kommer förhållandet mellan spåren och svaret i generatorm variera på olika sätt. I ett helt perfekt system skulle $Y_{LP} / Y_{GENERATOR} = 1.0$ eftersom det innebär att all avläsning i generatorm är exakt som spårets gravering. I verkligheten kan man inte åstadkomma detta perfekta tillstånd eftersom det är ett dynamiskt system och det finns ingen fjädring och dämpning som kan fungera perfekt i hela registret. Effekten från avvikelser mot 1.0 är att man får lägre eller högre amplitud samt fasförskjutning. Som syns i påhittat exempel i nedan diagram kan man komma nära perfekt med rätt avpassad dämpning i generatorm. I detta exempel ser det ut som man får bäst resultat om dämpningen i generatorm är 50% av kritisk dämpning, dvs att $z = c / c_{CR} = 0.5$. Exemplet är helt teoretiskt och verkligheten är snarast sämre.



Förhållandet mellan förflyttning i skivspår och generatorm (input/output) för olika grad av dämpning i generatorm.

Nästa steg är dämpningen i själva tonarmen. Är oljebad, paddlar och liknande verkligen hörbart? Vi tror det. Vi har ett antal exempel på där man typiskt upplever en lugnare och stabilare återgivning med bättre klipp där man har använt oljebad för dämpning. För mycket dämpning resulterar sannolikt i en upplevd muddrighet, dvs lågfrekvent distorsion.

Vi kan beräkna i absoluta siffror hur stora effekter det blir, dvs vad det i varje ögonblick är för skillnad mellan Y_{LP} , $Y_{GENERATOR}$ och Y_{TONARM} . Vi lägger in dem i en figur och tänker oss en ton som avspelas från en LP:



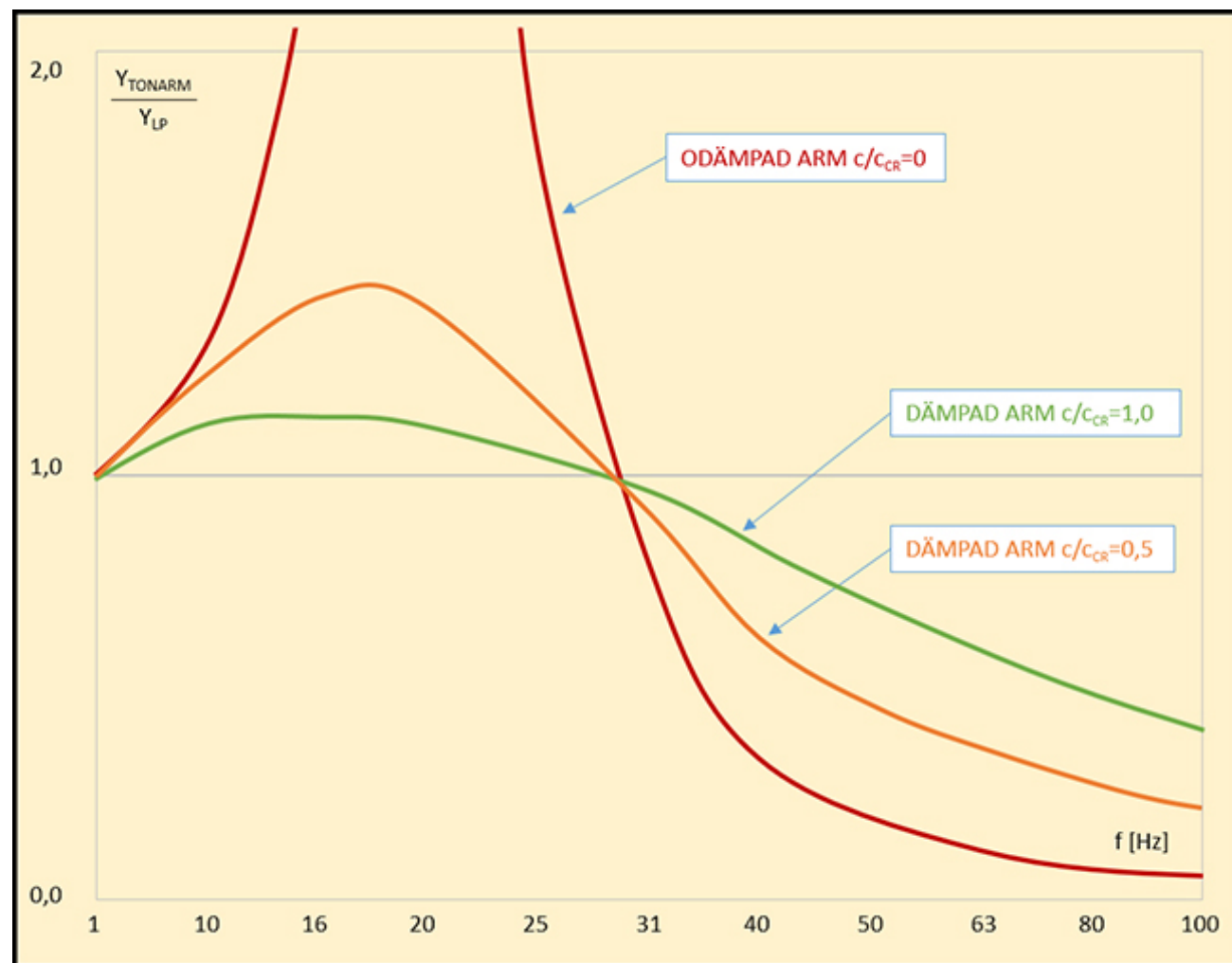
För enkelhets skull antar vi i exemplet att vi spelar början på en LP med en ren 25Hz-ton med konstant amplitud 0,02mm.

$$Y_{GENERATOR} = Y_{LP} - Y_{TONARM}$$

$$Y_{TONARM}^{max} = Y_{LP}^{max} * \sqrt{\frac{1 + (2\xi\beta)^2}{(1 - \beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2}}, \text{ där } z \text{ är förhållandet mellan aktuell och kritisk dämpning i tonarmen, och } b \text{ är förhållandet mellan exciterande}$$

frekvens och resonansfrekvensen i tonarmen.

Om man ritat upp den andra ekvationen i frekvensregistret med $z=0, 0.5$ och 1.0 så ser det ut såhär:



Förhållandet mellan förskjutning i skivspår och tonarm för olika grad av dämpning av tonarmen.

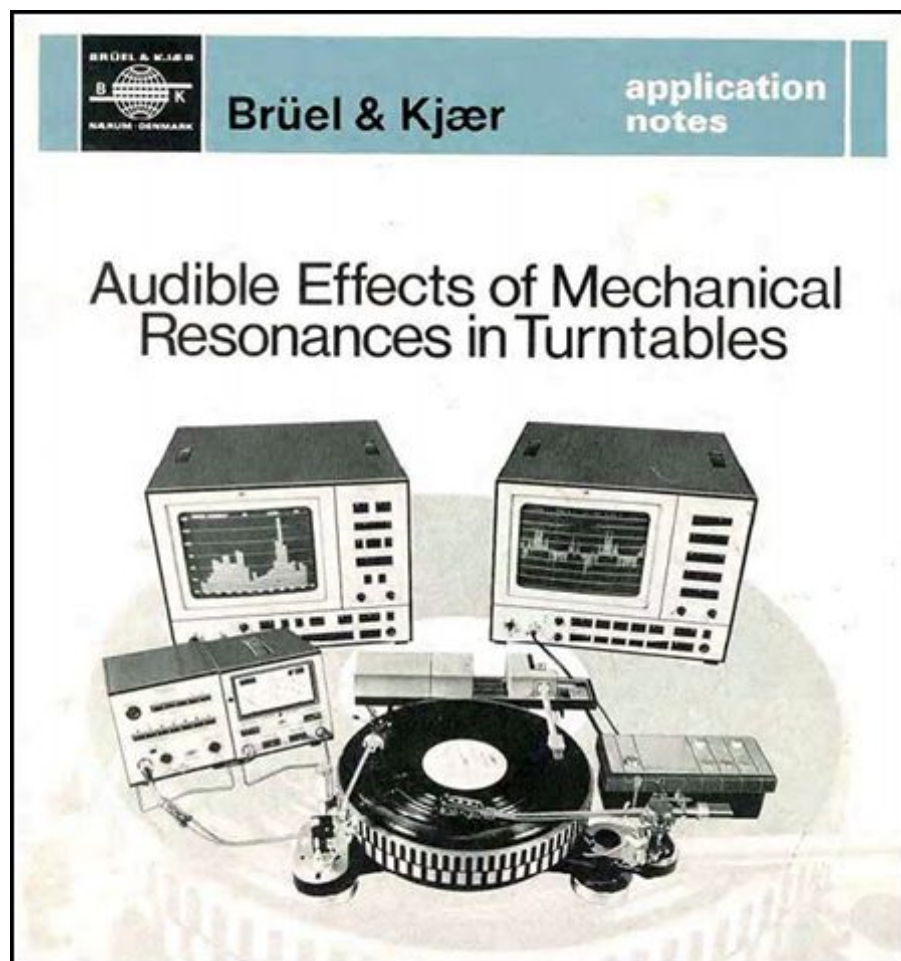
Vi kan inte redovisa tillförlitliga siffror eftersom kompliansen är frekvensberoende. Men principen skulle bli som diagrammet ovan för en typisk modern tonarm. Den odämpade armen ger alltså minst påverkan på tonarmen förutom vid mycket låga frekvenser där den å andra sidan löper amok. Enligt detta exempel borde all dämpning vara dynamikbegränsande. Och antingen upplever vi detta som behagligt, eller så får den odämpade armen andra effekter med kontaktproblem, slirning, spårningsproblem, bottning eller allmänt fnirr som inte syns i denna starkt förenklade beräkningsmodell.

Slutsatser:

- Vi vet att en viss grad av dämpning är positiv eller rentav ett måste, men *rätt dämpning* är (som vanligt med dämpning) svår att kvantifiera i absoluta tal. Man får prova sig fram.
- Antagligen är det optimalt att **dämpningen i pick-upen ligger nära 50% av kritisk dämpning** eftersom detta får generatorn att efterlikna nålens framfart bäst i hela registret.
- Vidare är det antagligen bäst att dämpningen är väldigt låg i tonarmen (exvis oljebad), säg **max 5-10% av kritisk dämpning i tonarmen**. Detta för att förhindra olinjära störningar (spårningsproblem, fnirr etc).

SPECIFIKATIONER FRÅN TILLVERKARE

Kan man lita på specifikationer från tillverkare? Svaret är *kanske*. När vi redovisar siffror från tillverkare oavsett sammanhang för enskilda mätningar så bör man läsa dessa med viss försiktighet. Det gäller inom alla avsnitt i den här artikelserien. Specifikationer för enskilda produkter, t ex pick-up och tonarm är säkert *rimligt* korrekta. Det är när allt sätts samman som det kan bli avvikelser mot marknadskommunikationen och testresultat från t ex hifi-press. Det finns alltid ett systemberoende oavsett vem som mäter och oavsett metod. Även en tillverkare/hifi-tidning använder kablar, rack, avkoppling, högtalare, rumsakustik osv. Men siffror och analyser kan ge en första indikation att jobba vidare med.



AES-artikel författad av Poul Ladegaard från Brüel & Kjaer. Källa: se länk nedan.

För den som vill fördjupa sig i ämnet rekommenderas läsning av en av giganterna inom mätinstrument som används inom hifi-utrustning, danska **Brüel & Kjaer**. Du hittar hela dokumentet i följande länk: http://www.theanalogdept.com/images/spp6_pics/TT_Design/MechanicalResonances.pdf

VISUELL OCH AUDIELL METOD ATT FASTSTÄLLA SYSTEMRESONANS

I samband med att man håller på med tonarmen är det på sin plats att kolla så att man inte har lagerglapp. Om det är glapp i tonarmens lagring är det näst intill omöjligt att göra en trovärdig visuell kontroll av resonanser. Dessutom kommer den teoretiska beräkningen av densamma inte att stämma på långa när. Ett glappande tonarmslager måste åtgärdas innan man ger sig på praktiska övningar förr att kolla tonarmsresonans.

Ett säkrare sätt (än teoretisk beräkning) att fastställa resonansfrekvensen är att visuellt notera var den sätter in. Då både ser och hör man amplituden och effekten av svängningen "live". Verktuget heter testskiva. Som exempel använde vi engelska **HiFi News** testskiva som har graverade spår som testar tonarmens och pickupens resonansfrekvens. Den går från 16 Hz ner till 6 Hz med en röst som talar om vilken frekvens som testas.



Band 3	Cartridge/arm vertical resonance test — sweep from 16Hz-6Hz, to test arm/cartridge stability/compatibility	40s
	16Hz vertical (L-R) + 1kHz pilot tone	
	14Hz vertical (L-R) + 1kHz pilot tone	
	12Hz vertical (L-R) + 1kHz pilot tone	
	10Hz vertical (L-R) + 1kHz pilot tone	
	8Hz vertical (L-R) + 1kHz pilot tone	
	6Hz vertical (L-R) + 1kHz pilot tone	

HiFi News testskiva samt detalj för test av vertikal resonanstest.

Det är bara att ta på sig läsglasögonen och kolla nålarmen på nära håll och se när den börjar wobbla i spåret. Wobblandet hörs också via högtalarna när resonansfrekvensen toppar. När nästa frekvens spelas upp har det försvunnit igen. Som exempel använder vi Simon Yorkes tonarm S7 samt Ortofon Windfeld som får värdet 9 Hz vilket är helt OK och dessutom i linje med värdet man får via formeln. Amplituden med den kombinationen är låg.

Med den här metoden behöver man inte veta några värden. HiFi News (eller motsvarande) har många andra tester som är användbara för inställning av antiskating (bias), spårningsförmåga, faskontroll mm. Rekommenderas!

OBSERVERA! Det är viktigt att pickupen är korrekt monterad och i övrigt rätt inställd. Parametrar som antiskating, VTF (*Vertikal Tracking Force*), VTA (*Vertical Tracking Angle*) och azimuthvinkel påverkar avläsningen i spåret och fel inställt kan du få felaktiga resultat. Mer om dessa parametrar hittar du i avsnitt 3.

Vilken metod är att föredra?

Använd båda! Inför köp av tonarm och/eller pickup rekommenderas att använd kalkylen ovan för att få en någorlunda bild över om tilltänkt arm och pickup passar tillsammans.

Om resonansfrekvensen hamnar i någon av ytterkanterna kan det vara idé att överväga ett annat köp.

Undvik att förblindas av positiva testresultat från tidningar över en pickups välljudande egenskaper. Det är att strö pärlor för svinen om pickup och tonarmen inte funkar tillsammans. Det handlar om optimering och att se helheter som så mycket annat i vår hobby.

När väl pickup/arm är inhandlad rekommenderas att köra testskivan som kan ge lite olika svar t ex:

- En bekräftelse av att den teoretiska modellen fungerar eller inte för ditt val
- Om det är stor avvikelse mot det kalkylerade värdet kan det vara så att pickupen eller armen inte lever upp till sin specifikation eller är det något annat som spökar. Ett sådant spöke kan och är ofta felinställd pickup.

Andra testskivor

Det finns ett flertal testskivor på marknaden. De mest använda och omtalade är dock ovannämnda från HiFi News (idag med ett uppfräschat omslag) samt en som getts ut av Analogue Production.



Testskivor från HiFi News respektive Analogue Production

I vissa stycken är de lika men det finns skillnader. HiFi News-skivan har spår för att ta reda på sin resonansfrekvens men saknar 1,000 Hz testton. En sådan erbjuder Analogue Production men saknar resonansfrekvensspåren.

Det finns också en annan typ av testskivor.



Testskivor från Ortofon och Opus3

Dessa båda testskivor illustrerar olika områden med musik. I båda fallen är musiken hämtad från Opus3's inspelningar. Här beskrivs olika parametrar typ VTA, tonal balans (bas respektive diskant), djup, dynamik, spårning, distorsion mm. De fokuserar på en parameter per spår, vad den innebär och hur det återges. Detta illustreras sedan med en musikexempel. Tanken är då, att om man inte får den "rätta upplevelsen" enligt texten så har man något att jobba med. Men dessa testskivor är inget verktyg för att fixa avarter. Möjligen kan de visa på att något inte är som det skall eller borde vara. Det kan vara inställningar men det kan också vara att ens anläggning inte har de kvaliteter som krävs för en bra återgivning.

Peo



Artikelgruppen
+ 346
652 posts

Posted November 20, 2016

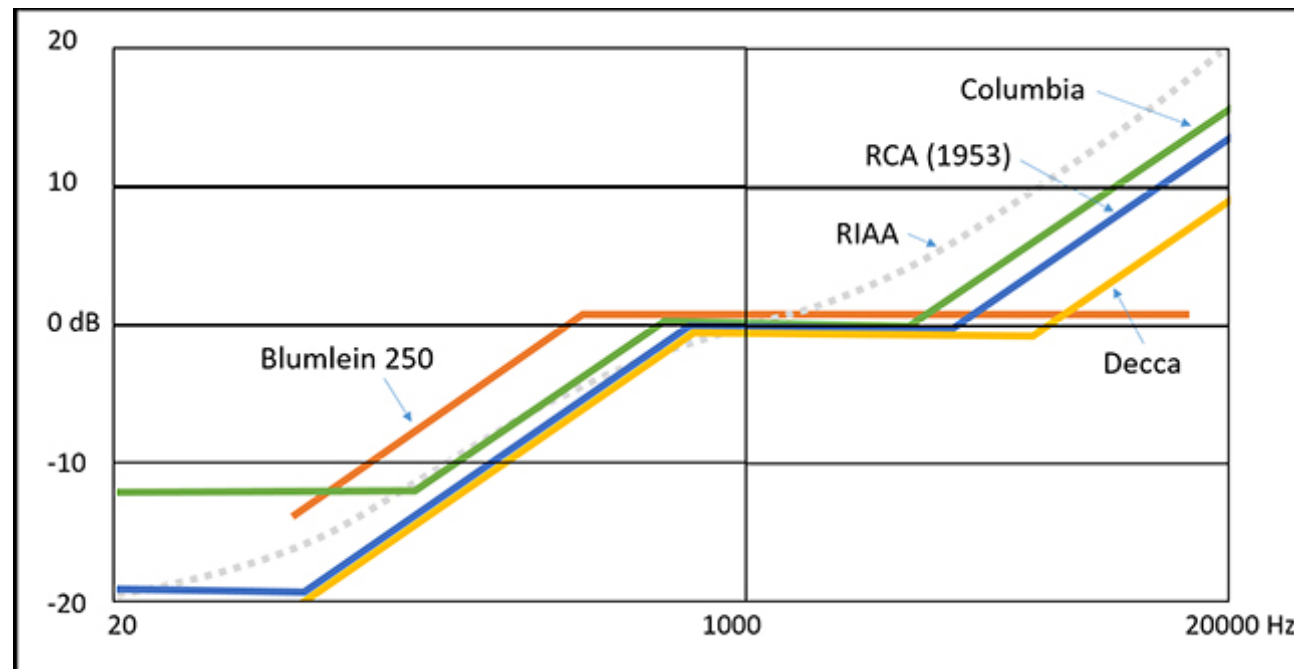
#10

9. Anpassning av stepup, kablar och riaa till pickup

Nu när vi gått igenom pickup-konstruktioner och mekanisk anpassning av pickup vs tonarm samt uppställning av skivspelare är avklarad är det dags att fokusera på den elektriska anpassningen. De delkomponenter som främst påverkar den elektriska anpassningen är pickup, eventuell step up, riaa-steg och kablar.

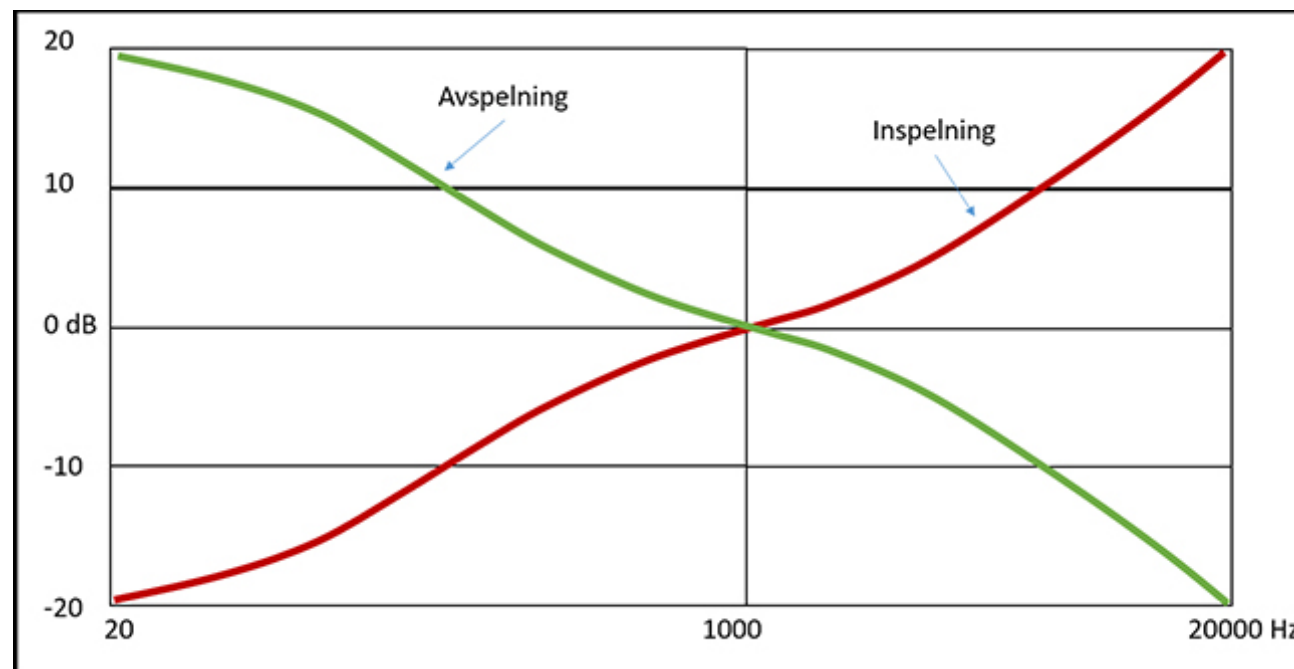
RIAA

För att öka signal/brus-förhållandet (S/N) och öka speltiden på skivorna började man ganska tidigt att *manipulera* musiksignalen innan gravering. Man höjde det övre frekvensregistret (diskanten) vid inspelning för att öka S/N och man sänkte det lägre registret (basen) för att ge mer speltid. Columbia, RCA, Decca m.fl. hade sin egen standard för hur man manipulerade signalen innan gravering (se bilden nedan).

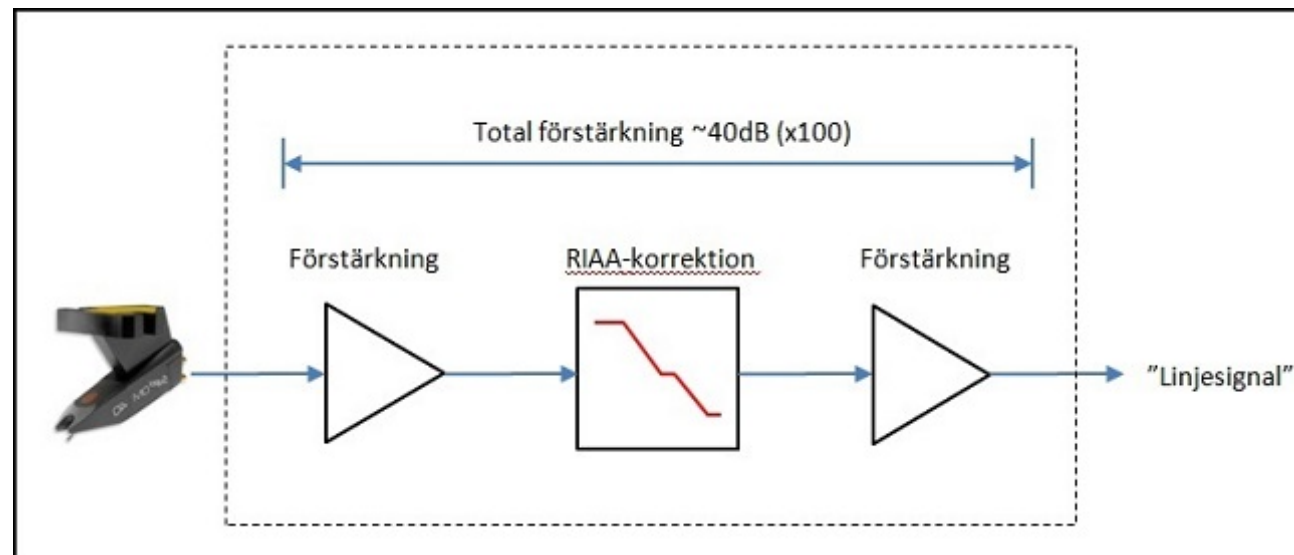


Före mitten av 50-talet hade skivbolagen olika sätt att manipulera signalen innan gravering. RIAA-kurvan är inritad svagt prickad som jämförelse.

Eftersom man vid avspelning är tvungen att reversera eller återställa signalen till sitt originalskick med ett *antifilter* ställde avsaknaden av en konsekvent metod till med problem och det dröjde tyvärr några år innan alla bolag enades om att göra denna signalmanipulering på samma sätt. I mitten av 50-talet enades man om den standard som Recording Industry Association of America (RIAA) hade utarbetat och den lever fortfarande kvar.



Inspelningen sänks 20dB vid 20Hz och höjs 20dB vid 20kHz. Vid uppspelningen reverseras kurvan med filter och det görs i ett så kallat riaa-steg. Fram till början av 90-talet hade de flesta förstärkare en Phono-ingång med inbyggd riaa-korrektion avsedd för skivspelare (Phono) men nu för tiden är det ganska sällsynt, i stället finns det ett flertal externa riaa-steg på marknaden att välja på. Ett externt riaa-steg omvandlar pickupens signal till en vanlig linjesignal motsvarande den från en CD-spelare, tuner eller DAC och kan anslutas till förstärkarens AUX-ingång eller motsvarande.



Principbild över ett RIAA-steg eller en Phono-ingång på en förstärkare.

Det underlättar betydligt för oss konsumenter med den standardiserade riaa-korrektionen, men det finns fler anpassningar som måste stämma för att vi ska få ut maximalt från vinylavspelingen. Gränssnittet mellan pickup och riaa-stegets ingång är tyvärr inte 100% standardiserat, pickuptillverkarna har inte enats om en standard, olika fabriker och även modeller från samma tillverkare ställer helt olika krav. För att göra det enkelt delar vi upp pickuperna i två läger, MM och MC.

Elektrisk anpassning av MM-pickup:

En MM-ingång på en förstärkare eller ett externt riaa-steg brukar hålla sig i närheten av följande spec:

- Insignal: ~5 mV (2,5-12 mV)
- Impedans: 47 kohm
- Kapacitans: ~100-200 pF
- Förstärkning: ~40 dB

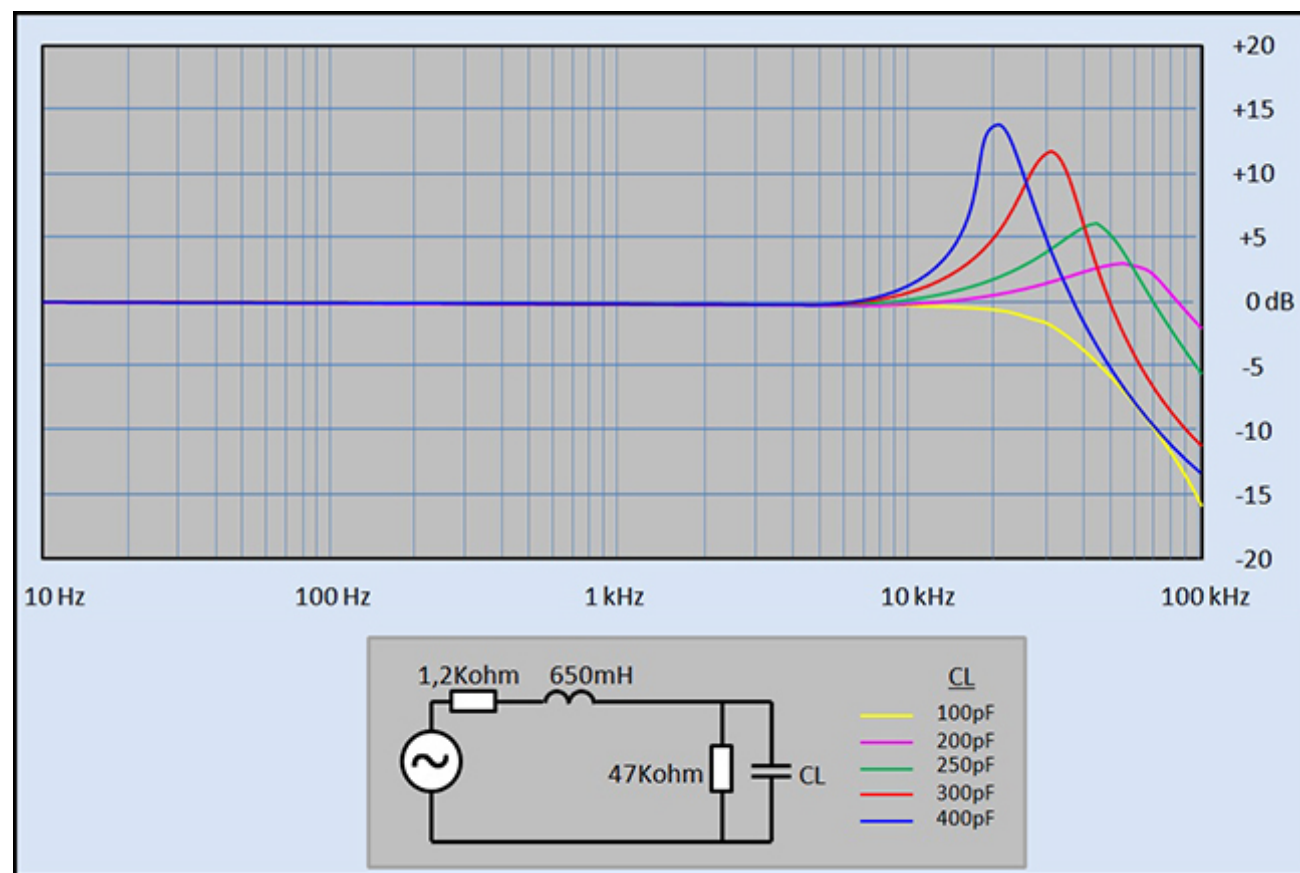
De flesta MM-pickuper lämnar en passande signal och är konstruerade för en belastningsimpedans på 47 kohm. Däremot kan det vara stor skillnad på vilken belastningskapacitans de vill ha. Här några olika exempel från nätet:

Pickup	Rek. belastningskapacitans
Ortofon 2M Red	150-300pF
Ortofon OM 5E	200-600pf
Ortofon OM30	200-400pF
GOLDRING 2x00	< 150pF
Audio-Technica 95E	100-200pF
Shure M97xE	200-300pF
Shure V15 Type III	400-500pF
Clearaudio Performer V2	100pF
NAGAOKA MP-300	< 150pF

Listan kan göras betydligt längre, men de flesta MM-pickuper ligger i dessa häraden. Som ni ser är det ett ganska stort span för vissa pickuper, t.ex. Ortofon OM 5E som kan

lastas med 200-600 pF. Låter den likadant inom hela det intervallet? Nej, det gör den definitivt inte. Kapacitansen påverkar betydligt mer än många verkar tro. Pickupens inre induktans (spolarna) och belastningskapacitansen bildar tillsammans en resonanskrets som vid sin resonansfrekvens kommer att höja utsignalen med upp till +10-15 dB. Ju högre kapacitans, desto lägre ner i frekvensbandet kommer resonansstoppen.

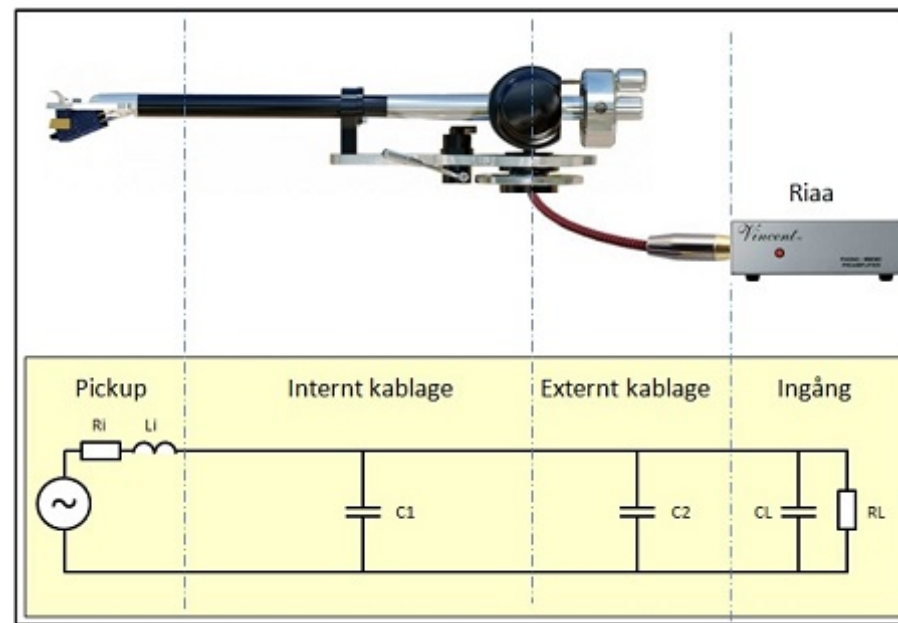
Skillnaden på hur en pickup uppför sig beroende på dess belastningskapacitans kan vara förhållandevis stor, jämför kurvorna i grafen nedan.



Olika belastningskapacitans påverkar var i registret resonansstoppen hamnar. För hög belastning innebär höjd diskant tidigt i registret, för låg innebär tidig avrullning.

Detta är en simulering av en pickup med en intern induktans på 650 mH och en impedans på 1,2 kohm. (Som jämförelse har en **Ortofon 2M Red** 700 mH/1,3 kohm.) Kurvorna är teoretiskt beräknade och bör därför tas med en nypa salt, men för att illustrera principen fungerar de bra. Titta på bilden ovan så ser du vad som händer vid olika belastningskapacitans, det verkar som att 150 pF vore en korrekt belastningskapacitans för vår simulerade pickup. En för hög kapacitans ger en höjning av det övre registret och en för låg kapacitans gör att det övre registret rullar av lite för tidigt. I motsats till signalkablar kommer alltså en ökad kapacitans att generera en höjning av det övre registret.

Då tar vi nästa steg. Vi börjar med en bild:



Längst ner på bilden ser vi det elektriska ekvivalentschemat över de ingående komponenterna. Till vänster visas pickupens inre resistans (R_i) och induktans (L_i), sen kommer kapacitansen för tonarmens interna kablage (C_1) följt av anslutningskabelns kapacitans (C_2) och avslutningsvis riaa-stegets ingångsimpedans (R_L) och kapacitans (C_L). Vi har hoppat över kabelresistansen och induktansen då den är närmast försumbar i det här sammanhanget. Pickupens belastningskapacitans är summan av $C_1 + C_2 + C_L$. Ett ganska vanligt värde för den totala kapacitansen hos en tonarm med tillhörande kabel brukar ligga mellan 100-300 pF.

Några exempel på tonarmar:

- **SME 309** internt 33 pF + originalkabel på 140 pF = 173 pF
- **SME V** internt 15 pF + originalkabel på 140 pF = 155 pF
- **SME3009 SII** ~140 pF totalt
- **Jelco SA 750D** internt 25 pF + originalkabel 205 pF = 230 pF
- **Pro-Ject** totalt 150-160 pF beroende på modell
- **Kuzma Stogi & Ref** 58 pF totalt
- **Kuzma 4Point single** 42 pF totalt
- **Kuzma 4Point via box** 75 pF totalt

Olika riaa-steg har olika ingångskapacitans och här är ett par exempel.

- **Vincent PHO-111**
 - Input Impedance MM I: 47 kohm/100 pF
 - Input Impedance MM II: 47 kohm/300 pF
- **Pro-Ject Phono Box** 47 kohm/120 pF
- **Audio Reserch PH6** 47 kohm/200 pF
- **Whest Audio PS.30 RDT** 47 kohm/100 pF
- **EAR 834P** = 47 kohm/200 pF

Tyvärr är det många tillverkare som inte anger vilken ingångskapacitans deras riaa-steg har.

Nu är det dags för ett exempel:

Vi tar en **Thorens TD-166**, en **Ortofon 2M Red** och en **Pro-Ject Phono Box**. Enligt Thorens så är den totala kabelkapacitansen 190 pF och på riaa-steget anges ingångskapacitansen till 120 pF. Summan blir $190\text{pF} + 120\text{pF} = 310\text{pF}$.

Ortofon 2M Red vill ha 150-300 pF, så vi ligger inte helt gale, men det finns en liten risk för en något överbetonad diskant. Ibland kan den vara till nytta, men också till skada i en för övrigt ljus anläggning. Om vi istället väljer en **Audio-Technica 95E**, som vill ha 100-200 pF, blir situationen annorlunda. I vårt exempel är ju den kapacitiva lasten 310 pF. Detta är inte riktigt bra, risken finns att det blir ett ganska "sss-igt", hårt och vasst ljud. Hur löser man nu detta? Det enklaste är nog att försöka byta ut kabeln mellan skivspelare och

riaa-steg eller korta ner den befintliga. En Van den Hul D502 har 75 pF/meter och räcker det med en 0,75 m (56 pF) kabel så är du hemma. Räkna med ungefär 20-30 pF för den interna tonarmskabeln. Summan blir då
 $25 \text{ pF} + 56 \text{ pF} + 120 \text{ pF} = 201 \text{ pF}$.

Som nästa exempel väljer vi nu en **Ortofon OM 5E** (som vill ha 200-600 pF), till vår nyligen modifierade skivspelare (vi har ju bytt kabel). Att lasta en OM 5:a med 200 pF kommer antagligen att ge en märkbar avrullning i diskanten. Vad gör vi? Den enklaste lösningen i detta fallet är nog att löda in en kondensator på 100-200 pF (per kanal) parallellt över signalen (mellan resp. kanals + och -) någonstans i signalkedjan. Ryms den i RCA-kontakten så är nog det den smidigaste lösningen, annars är det bara att öppna riaa-steget och löda in dem där.

Ett riaa-steg med valbar ingångskapacitans är helt klart en fördel om man byter pickup ofta. På t.ex. ett **Vincent PHO-111** kan man välja mellan 100 pF och 300 pF.

Ett fall från verkliga livet:

En vän kom till mig med sin skivspelare (en ProJect av något slag med löstagbar kabel) och undrade om jag kunde laga den. Han hade flyttat skivspelaren på grund av en ommöblering, och efter det så lät det riktigt illa. "*Jag måste ha sabbat något, men kan inte hitta vad*", var felbeskrivningen. Det visade sig att han hade ersatt originalkabeln med en 5 meter lång signalkabel som han hade hittat på stormarknaden, modell *Sämsta Sortens Signalkabel*. Den nya kabeln uppvisar en kapacitans på 755 pF plus 25 pF för internkablagen och ytterligare 100 pF på riaa-ingången, vilket totalt blir 880 pF. Han har en **NAGAOKA MP-300** på sin skivspelare och den vill inte ha över 150 pF.

Slutsats: Använd inte långa kablar mellan skivspelare och Riaa-steg om inte din pickup vill ha en väldigt hög belastningskapacitans! Har du skivspelaren långt från anläggningen, placera då riaa-steget hos skivspelaren och kör de långa kablarna mellan riaa-steg och förstärkare istället.

MC-ANPASSNING

Till skillnad från MM-världens mer eller mindre standardiserade 5 mV/47 kohm, så finns det ingen sådan standard för MC-pickuper.

Om man nu har gjort valet att införskaffa en MC-pickup men *bara* har ett standard MM-riaa behövs oftast någon typ av för-förstärkning av MC signalen, en så kallad **Step Up**.

Det finns två alternativ.

- En extern aktiv förstärkare, sk. *Head-amp*
- En extern, passiv Step Up Transformer (SUT).

Att välja en aktiv Head-amp kan helt klart vara ett alternativ till en SUT och dagens Head-Amp's är så pass lågbrusiga att just bruset som tidigare har varit Head-ampens akilleshäl inte längre är något problem.

Ett exempel på en "modern" aktiv MC-förstärkare (Head-amp).



Graham Slee Elevator EXP

- Gain: 22.5 dB
- Signal to noise ratio: -120 dB CCIR Q-Pk [-130 dB RMS (20 Hz-20 kHz)]

- Impedance: 47 kohm, 5.1 kohm, 1 kohm, 840 ohm, 100 ohm, 30 ohm and 23 ohm

..och här har vi en gammal goding från mitten av 70-talet att jämföra med.

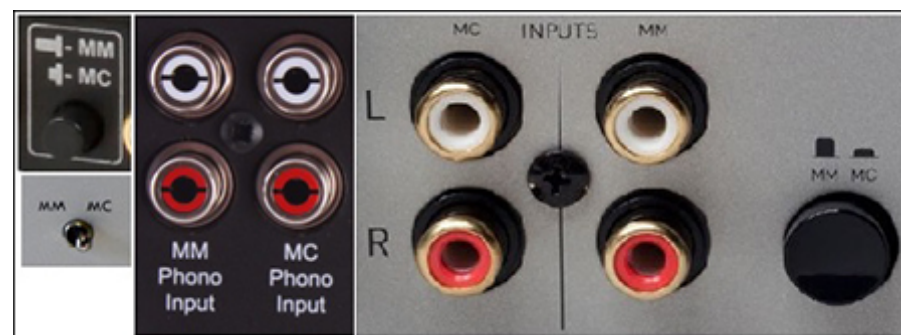


Ortofon MCA-76

- Gain: 34 dB
- Impedance: 75 ohm
- Signal to noise ratio: >69 dB

OBS! En head-amp innehåller inte riaa-korrigering utan är endast till för att förstärka signalen från en MC-pickup så att den passar ihop med ett MM-riaa.

Det finns flera olika aktiva Head-amps och många externa riaa-steg med inbyggd stepup att välja på, men det finns även förstärkare med inbyggt Riaa och MC-stepup.



Nu är det tyvärr inte så enkelt att alla MC-pickuper passar till alla MC-StepUp. Varje fabrikat/modell av pickup har sina önskemål för att prestera maximalt. Första kravet är en "lagom" förstärkning.

Ett standard MM-riaa brukar vara specificerad till 5 mV insignal, men fungerar oftast ner till 2-2,5 mV utan att det blir för mycket brus och upp till 10-12 mV utan att överstyras. MC-pickuper kan ha en utsignal från några få μ V till över 1 mV.

Pickup	Utspänning	Impedans	rek. Last
AudioTechnica AT-f7	0,4mV	12 ohm	100 ohm
Benz Micro LP-s	0,5mV	38 ohm	>400 ohm
Denon DL-103R	0,25mV	14 ohm	>100 ohm
Denon DL-S1	0,15mV	40 ohm	>100 ohm
Kuetsu Rosewood	0,4mV	5 ohm	30 ohm
Lyra Kleos	0,5mV	5,4 ohm	91 ohm - 47 kohm
Ortofon Cadenza Bronze	0,5mV	5 ohm	50-200 ohm
Ortofon MC Windfeld	0,3mV	5 ohm	>10 ohm
Ortofon MC20	0,07mV	2,5 ohm	50-100 ohm

Om vi tar den första pickupen i listan (AudioTechnica AT-f7) så ser vi att den har 0,4 mV utsignal. Pickupförstärkaren bör då lämpligen ha en förstärkning från 6 ggr (för 2,4 mV utsignal) upp till max 30 ggr (för 12 mV utsignal). För att få den önskade utsignalen på 5 mV krävs en förstärkning på 12,5 gånger. Nu brukar man ange förstärkningen i dB, inte i gånger, här är en enkel omräkningstabell så att ni får ett hum om förhållandet.

dB	Gånger
5	1,8
10	3,2
15	5,6
20	10,0
25	17,8
30	31,6
35	56,2
40	100,0
45	177,8

Spänningsförstärkning för en stepup anges ofta i dB. En stepup med "f" gångers förstärkning motsvarar då $dB=20*\log f$. Och omvänt, i antal dB's förstärkning motsvarar $f=10^{dB/20}$.

Vi testar med en **Ortofon MCA-76** till vår AudioTechnica AT-f7. Den har 34 dB förstärkning, vilket är detsamma som 50 gånger och vi får då en utsignal på 20mV. Det är *definitivt* inte en bra kombination, risken är väldigt stor att vi överstyr riaa-steget. (Ortofons nylanseringar av MC-pickuper andra halvan av 70-talet som t ex MC20 hade betydligt lägre utspänning än vad dagens typiska MC-pickuper har. Därav den höga förstärkningen i MCA-76 som också lanserades som step-up för dessa pickuper).

Då testar vi med en **Graham Slee Elevator EXP**. Elevatorn har 22,5 dB förstärkning (13,3 gånger) och kommer att ge en utsignal på 5,3 mV. Perfekt!

Det andra kravet vi måste tillgodose är en hyfsat korrekt belastningsimpedans. Tittar vi nu i tabellen igen så ser vi att **AudioTechnica AT-f7** har en rekommenderad belastning på 100 ohm. Även detta krav kan tillgodoses med Graham Slee Elevator. Den har valbar impedans och är alltså en lämplig step-up till den pickuper.

Ett **Vincent PHO-111** (riaa-steg med inbyggd MC-förstärkare)...



...har följande data:

- Input sensitivity MM I & II: 4 mV/1 kHz
- MC: 0.45 mV/1 kHz
- Output voltage: 200 mV/1 kHz
- Signal-to-Noise Ratio MM I & II: > 88 dB, - MC: > 78 dB
- Input Impedance MM I: 47 kohm/100 pF
- Input Impedance MM II: 47 kohm/300 pF
- Input Impedance MC: 100 ohm/100 pF

Om vi tittar i pickup-tabellen ovan så ser vi att flertalet pickuper ligger i området 0,4-0,5 mV på sin utsignal, vilket ser bra ut, men **Vincent PHO-111** har en fast ingångsimpedans på 100 ohm. Detta utesluter t.ex **Benz Micro LP-s** (för låg impedans) och **Koetsu Rosewood** (för hög impedans), men även **Ortofon MC20** (p.g.a. för låg förstärkning).

Oftast är det enkelt att ändra belastningsimpedansen på en Head Amp, det brukar bara vara att byta ut ett par resistorer, men har man ingen kunskap eller inte känner någon som kan göra jobbet får man leta efter andra vägar.

MC-pickupen är förhållandevis okänslig för sin belastningskapacitans eftersom den är både lågohmig och låginduktiv. Vi tar Lyra som exempel, den har en intern impedans på 5,4 ohm och en induktans på 9 µH (= 0,000009 H). En "vanlig" MM-pickup, typ Ortofon Red, har en intern impedans på 1,3 kohm och en induktans på 700 mH (=0,7 H). Impedansen är alltså 240 ggr högre och induktansen är 78 000 gånger högre än Lyran's och det beror på det stora antalet varv i spolarna på en MM-pickup. Det är ju framförallt de resonanskretsar som uppstår tillsammans med belastningskapacitansen som kan påverka, men samtidigt är den inre impedansen (källimpedansen) så låg (5-20 ohm) i de flesta MC-pickuper att sannolikheten för att en resonanskrets ska påverka i det hörbara området är närmast försumbar. Ju lägre källimpedans, desto bättre drivförmåga vilket gör MC'n betydligt mer immun mot kapacitiva laster. En snabb överslagsberäkning av Lyra Kleos som lastas med 150 pF kapacitans bör ge en resonanstopp vid 3-4 MHz.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L * C}}, \text{ med } L \text{ i Henry och } C \text{ i Farad.}$$

Slutsats: Bara för att din förstärkare eller riaa-steg har en MC-ingång innebär inte det att den och din pickup passar ihop.

STEP-UP TRANSFORMATORN

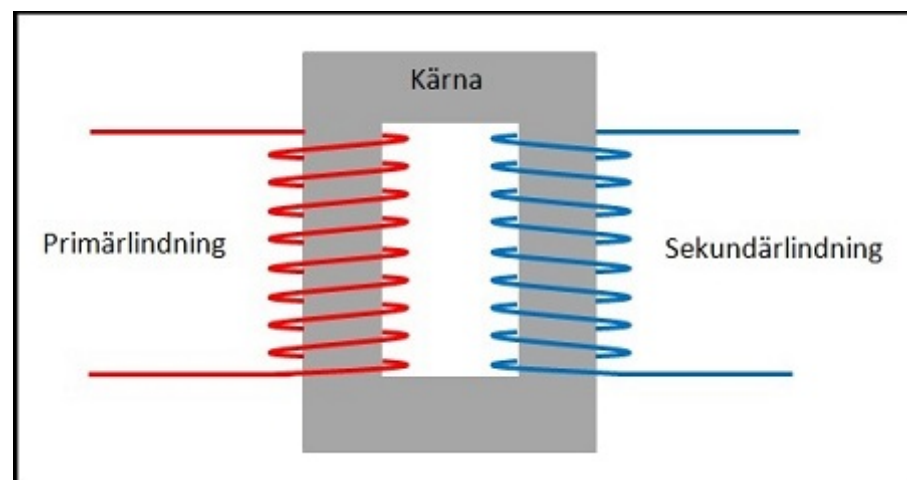
Det finns flera olika skolor vad gäller valet av **Step Up Transformer** eller SUT. Tanken är ju att din MC-pickup tillsammans med en SUT ska bete sig som en MM-pickup för att fungera ihop med ditt befintliga MM-riaa.

Den metod som många förespråkar baserar sig på att i första hand välja transformator efter signalen, inte efter pickupens interna impedans eller rekommenderad belastning. Pickupens belastningsimpedans går oftast att rätta till i efterhand. Majoriteten av alla MM-riaa är byggda för en insignal på ungefär 5mV (2,5 -12 mV). Skickar du på en lägre signal än 2,5 mV är risken stor att du får dra upp volymen för mycket och då kommer oftast också bruset. Med en insignal överstigande 12 mV är däremot risken stor att du

överstyr ditt riaa-steg. För hög insignal minskar tillgänglig *headroom* och när "takhöjden" minskar kommer signalen att komprimeras med ökad distorsion som följd. Man brukar märka det på knäpparnas intensitet när man börjar närma sig gränsen. Rör-riaa är betydligt mer immuna mot detta problem än sina halvledarbaserade kusiner.

Hur fungerar en transformator?

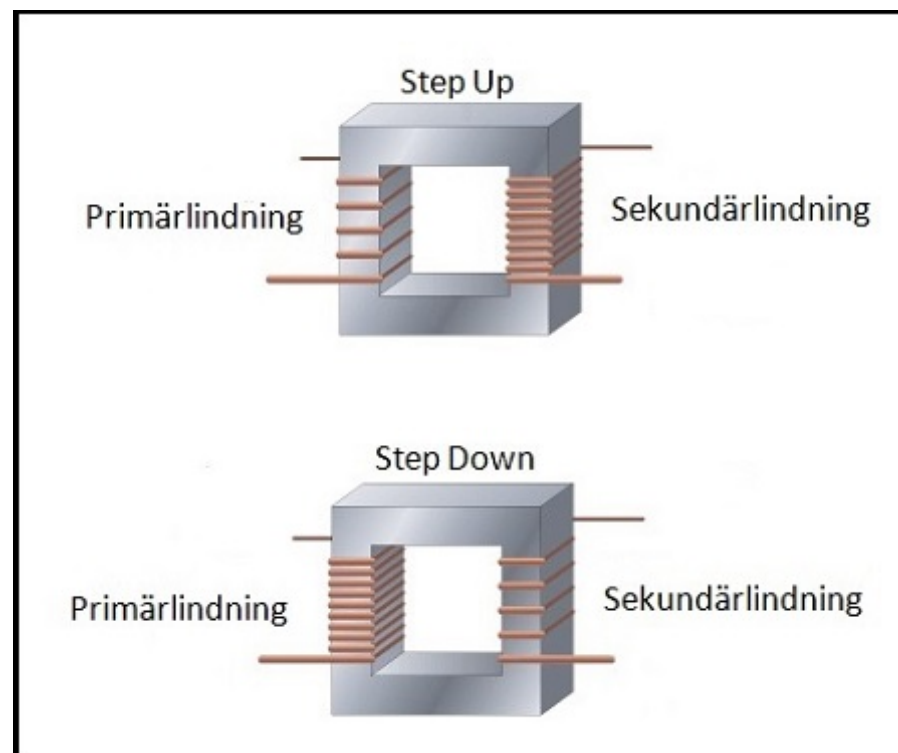
Nu är inte vår intention att skapa en komplett *manual* för en transformators uppbyggnad och beteende, utan bara en hyfsat förenklad och förhoppningsvis lättläst sammanfattning för att ni som inte har läst (eller inte kommer ihåg) ellära ändå ska kunna hänga med i diskussionen. En transformator består i sin enklaste form av två lindningar (spolar) med en gemensam kärna av ett magnetiskt material:



Den lindning som vi ansluter insignalen till kallas för primärlindning och den transformerade signalen tas ut från sekundärlindningen. När en växelström (signalen från pickupen i vårt fall) flyter genom primärlindningen så uppstår ett magnetfält i kärnan som hela tiden växlar i takt med signalen. Magnetfältets växlingar påverkar sekundärlindningen som ju finns runt samma kärna och en spänning alstras (induceras). Det är det växlande magnetfältet som alstrar spänningen i sekundärlindningen och därför kan man inte transformera likspänning eller riktigt lågfrekventa signaler. En transformator har alltså en lägsta frekvens som den kan transformera och tittar vi på andra hållet kommer en transformator inte heller att hinna med att transformera hur höga frekvenser som helst. Dagens transformatorer är så bra att detta sällan ställer till några problem för oss.

Om primär- och sekundärlindningarna har lika många varv, kommer spänningen som alstras i sekundärlindningen att vara lika stor som insignalen till primärlindningen. (Givetvis är detta helt teoretiskt, man har ännu inte uppfunnet en transformator med 100% verkningsgrad utan förluster.)

Vi tar som exempel en transformator där primärlindningen består av 100 varv och sekundärlindningen av 300 varv. Läger vi på en 1 volts signal på primärlindningen kommer vi att få ut en signal på 3 volt på sekundärlindningen (Step Up). Man säger att transformatorn har en omsättning på 1:3. Förenklat kan man säga att spänningsomsättningen är lika med lindningsomsättningen:



Man kan givetvis vända på förhållandet om man vill sänka signalen istället (Step Down). En vanlig nättransformator som ska ge 12 volt ut vid 230 volt in kommer att ha en omsättning på ungefär 19:1 (230/12). Primärsidan (230 Volt) kommer alltså att ha 19 gånger fler varv än sekundärsidan. Vi hoppas att det gick att hänga med, annars får man räkna upp handen.

Nu återgår vi till våra pickuper.

Pickup	Utspanning	Impedans	rek. Last
AudioTechnica AT-f7	0,4mV	12 ohm	100 ohm
Benz Micro LP-s	0,5mV	38 ohm	>400 ohm
Denon DL-103R	0,25mV	14 ohm	>100 ohm
Denon DL-S1	0,15mV	40 ohm	>100 ohm
Kuetsu Rosewood	0,4mV	5 ohm	30 ohm
Lyra Kleos	0,5mV	5,4 ohm	91 ohm - 47 kohm
Ortofon Cadenza Bronze	0,5mV	5 ohm	50-200 ohm
Ortofon MC Windfeld	0,3mV	5 ohm	> 10 ohm
Ortofon MC20	0,07mV	2,5 ohm	50-100 ohm

Ett litet urval av MC-pickuper

Hur beräknar man lämplig SUT om man har en **Benz Micro LP-s** och vill förstärka signalen så att den passar vårt MM-riaa? Pickupen har en utsignal på 0,5 mV och vi vill förstärka den till 5 mV. Vi behöver alltså förstärka den 10 gånger. En SUT med omsättningen 1:10 är perfekt för ändamålet.

Om vi istället väljer en **Denon DL-103R** vars utsignal bara är 0,25 mV kommer vi att behöva förstärka signalen 20 gånger; $5 \text{ mV} / 0,25 \text{ mV} = 20$ för att få en utsignal på 5 mV. Nu passar det bättre med en 1:20 transformator istället.

En **Denon DL-S1** har en utsignal på 0,15 mV och behöver en transformator med omsättningen 1:30 - 1:35 för att ge 5 mV (4,5 resp. 5,25 mV) till MM-ingången. Det är ju inga problem, det finns gott om transformatorer med den omsättningen.

Låt oss nu säga att du köper en **Ortofon Cadenza Bronze** som ersättare för din gamla **Denon DL-S1**. Vad händer? Ortofonen har en utsignal på 0,5mV och transformatorn höjer den med faktorn 1:35, vi får då en utsignal på 17,5 mV. Det ställer garanterat till problem för majoriteten av marknadens riaa-steg. Med detta vill vi bara förtydliga att man bör välja transformator efter pickup och att alla transformatorer inte passar ihop med alla pickuper.

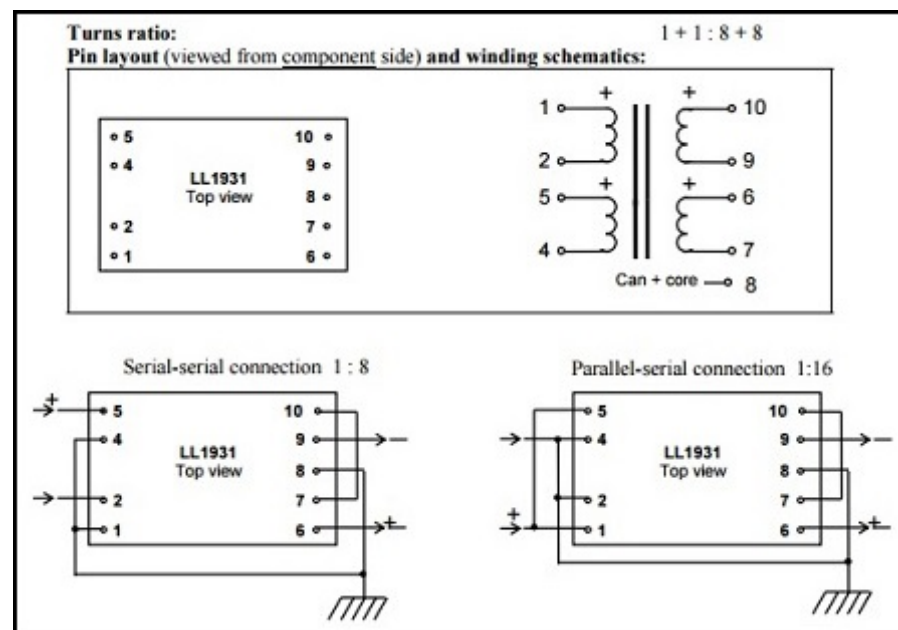
Lyckligtvis har många transformatorstillverkare gjort sina transformatorer flexibla genom att man har delat upp de olika lindningarna i två eller fler separata smålindningar istället

för bara en stor lindning. Genom att serie/parallell-koppla dessa lindningar enligt ett visst mönster kan man välja olika omsättningar. En del tillverkare av SUT har till och med försett konstruktionen med omkopplare för att enkelt kunna välja omsättning.



Bild på en Allnic AUT-2000 med fyra olika alternativa omsättningar. Bild: www.canuckaudiomart.com

Här har vi ett schema på en transformator, en **Lundahl LL1931**:



Som ni ser är både primär- och sekundärlindningen delad i två separata lindningar. Genom att serie- respektive parallellkoppla primärlindningarna kan man få antingen omsättningen 1:8 eller 1:16. Sekundärlindningarna ska alltid vara seriekopplade enligt tillverkaren. När vi nu har hittat en transformator med rätt spänningsomsättning är det dags att titta på vilken belastningsimpedans pickupen får. En standardingång på ett MM-riaa brukar ha en ingångsimpedans på 47 kohm, men en MC-pickup vill oftast ha en belastning från några 10-tal ohm till något, eller några 100 ohm.

En transformator fungerar inte bara som en signalhöjare/-sänkare, den fungerar också som impedansomvandlare. Impedansomvandlingen, eller rättare sagt impedansomsättningen för en transformator är lindningsomsättningen i kvadrat. En 1:10 transformator har alltså impedansomsättningen 100, en 1:20 transformator har impedansomsättningen 400 och en 1:30 transformator har impedansomsättningen 900.

Lindnings omsättning	Förstärkn. i dB	Impedans omsättning	Pickup-last vid 47Kohm
1:8	18,1	64	734,38
1:10	20,0	100	470,00
1:12	21,6	144	326,39
1:15	23,5	225	208,89
1:18	25,1	324	145,06
1:20	26,0	400	117,50
1:25	28,0	625	75,20
1:30	29,5	900	52,22
1:35	30,9	1225	38,37
1:40	32,0	1600	29,38

Tabell med lindningsomsättning, förstärkning, impedansomsättning och last.

Nu ska vi se vad det innebär i praktiken...

Vi börjar med en **Benz Micro LP-s** som har en utsignal på 0,5 mV och en rekommenderad belastning på >400 ohm. Tidigare kom vi fram till att Benz:en behöver en transformator med omsättningen 1:10 för att få "rätt" signal in i riaa-steget. En 1:10 transformator har en impedansomsättning på 100 gånger (10²). Om riaa-steget har en ingångsimpedans på 47 kohm kommer pickupen att se en last på 470 ohm (47 kohm/100). Man dividerar alltså transformatorns last (riaa-stegets ingångsimpedans) med impedansomsättningen. Vi landar på fötterna med denna transformator. 470 är ju större än 400.

Nästa exempel blir samma **Denon DL-103R** som tidigare. Den lämnar 0,25 mV och vill se en belastning på 100 ohm. En transformator med omsättningen 1:20 ger oss 5 mV utsignal och den ger en impedansomsättning på 400 gånger. Pickupens last blir nu 47 kohm / 400 = 117 ohm. "Not so fu... bad". Det får vi nog anse vara tillräckligt nära.

Hittills har allt gått bra, men nu tar vi oss an ett svårare fall.

Denon DL-S1, den har en utsignal på 0,15 mV och vill ha en last på >100 ohm. För att få vår önskade utsignal på 5 mV behövde vi ju en transformator med omsättning 1:30 - 1:35. Väljer vi en SUT på 1:30 kommer pickupen att belastas med 52,2 ohm och väljer vi 1:35 blir det bara 38,3 ohm. Nu är vi ganska långt från den (av tillverkaren) önskade belastningen. Belastar du en MC-pickup för tufft (för låg impedans) kommer den att bli lite mörk och dyster i klangen och belastar du den för lite (för hög impedans) kommer den att tendera till att bli ljus och anorektisk. När felet är på detta hållet kan vi inte göra så mycket mer än att ändra på riaa-stegets ingångsimpedans. Denon DL-S1 vill ha >100 ohm, vi säger 120 ohm som exempel. Väljer vi en 1:30 trafo blir impedansomsättning 900 gånger. 120 ohm * 900 = 108 kohm. Ändrar vi riaa-stegets ingångsimpedans till 108 kohm, så är vi hemma. Denna lösning kräver dock att man går in och modifierar sitt riaa-steg och det är nog inte alla som är speciellt sugna på en sådan manöver. Välj då istället en transformator med omsättningen 1:20, den ger 117 ohm's belastning och 3 mV utsignal. Det blir kanske lite brusigare, men det finns inte så mycket annat att välja på om man vill använda en SUT.

Vi avslutar övningarna med **Ortofon Cadenza Bronze**. Utsignalen är 0,5 mV och rekommenderad belastning är 50-200 ohm. Signalmässigt faller valet på en 1:10 transformator som då ger en belastning på 470 ohm. Det är lite för "lätt" last och pickupen kommer troligtvis att bli aningen ljus och klen, men när felet är på det här hållet är det lätt att åtgärda. Vi skulle nog satsa på omkring 100 ohm som ett riktvärde för Cadenza's belastning.

Nu kommer vi till två helt olika skolor om hur man ska göra.

- Vi tar den vanligaste metoden först, vilket innebär en resistor (ett motstånd) tvärs över transformatorns sekundärlindning. För att få en 100 ohm's last med en 1:10 transformator ska transformatorns belastas med 10 Kohm istället för riaa-stegets 47 kohm, (Önskad pickuplast * impedansomsättningen = transformatorns last på sekundärsidan). Nu tar vi fram elläran och räknar ut vilken resistor vi ska parallellkoppla 47 kohm med för att summan ska bli 10 kohm.

$$\frac{1}{R_{LAST}} = \frac{1}{10000} + \frac{1}{47000} \rightarrow R_{LAST} = 12,7kOhm$$

Det är bara att lägga en 12,7 kohm's resistor parallellt över transformatorns sekundärlindning (utgång), så får pickupen rätt last.

- Detta är *rätt* metod enligt vissa, bl.a. Hashimoto (Japansk transformertillverkare). Det är ju pickupen som *behöver* rätt last, inte transformatorn och denna teori säger att man bara ska belasta just pickupen. Man ska alltså inte belasta transformatorns sekundärlindning med något annat än de 47 Kohm den är gjord för. Den extra belastningsresistorn ska därför placeras parallellt över pickup/primärlindning istället. Hur stor ska den resistorn vara i vårt exempel? Utan någon resistor kommer ju pickupen att se en 470 ohm's last och vi ska då parallellkoppla den med något för att få 100ohm?

$$\frac{1}{R_{LAST}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{470} \rightarrow R_{LAST} = 1270hm$$

Lägg en 127 ohm's resistor över ingången på transformatorn så har pickupen fått rätt last utan att transformatorn har påverkats.

Vi är lite osäkra på vilken av dessa två metoder som är bäst, men rent teoretiskt känns metod #2 det mer *rätt*.

Istället för att ge sig in i apparaterna och löda dit olika resistorer för att testa vilken variant som passar bäst kan man fixa två s.k. RCA-splitters....



Källa: www.kjell.com

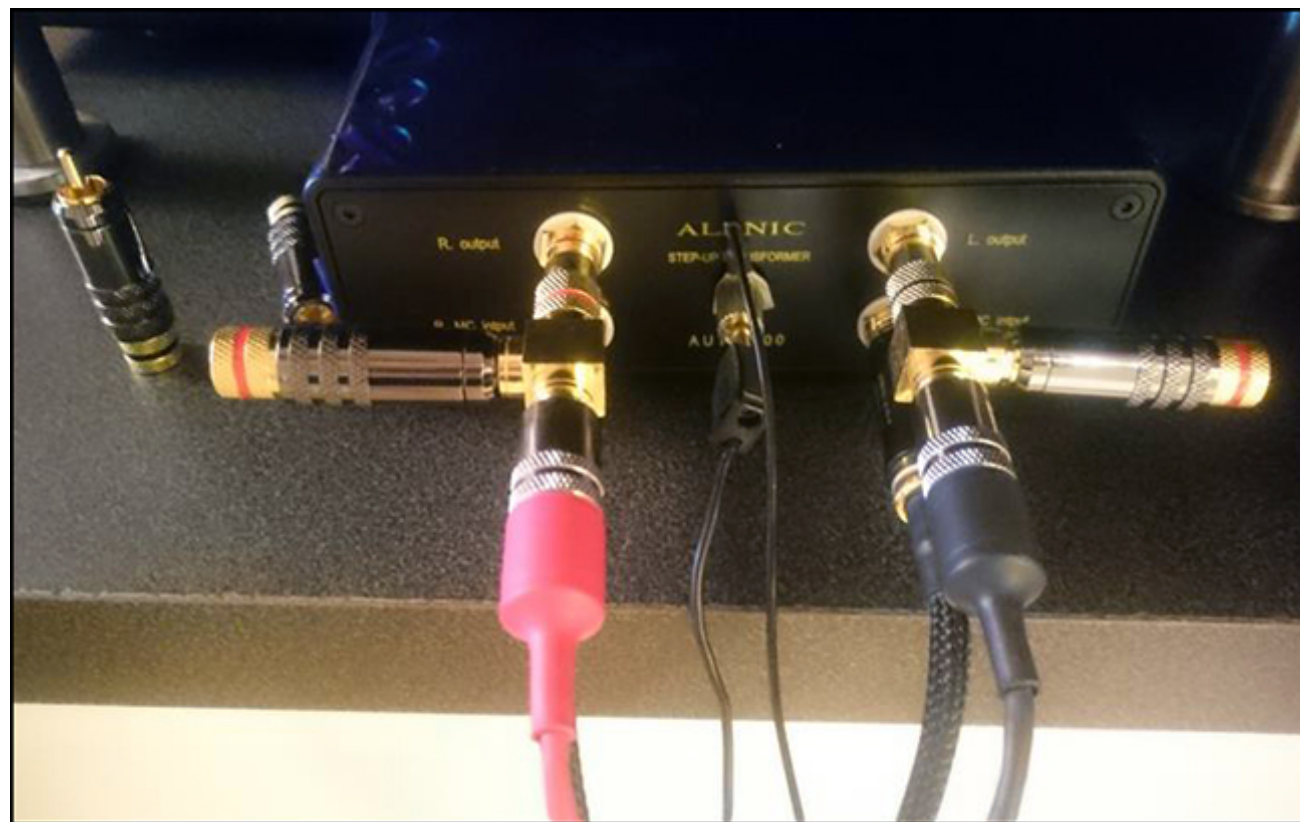
... och några RCA-kontakter där man löder in resistorerna:



Här är resistorn parallellt över primärlindningen:



...och här över sekundärlindningen:



Nu behöver man inte göra någon åverkan på apparaterna innan man har bestämt sig.

Tittar vi på t.ex. **Lyra Kleos** i tabellen nedan...

Pickup	Utspänning	Impedans	rek. Last
AudioTechnica AT-f7	0,4mV	12 ohm	100 ohm
Benz Micro LP-s	0,5mV	38 ohm	>400 ohm
Denon DL-103R	0,25mV	14 ohm	>100 ohm
Denon DL-S1	0,15mV	40 ohm	>100 ohm
Kuetsu Rosewood	0,4mV	5 ohm	30 ohm
Lyra Kleos	0,5mV	5,4 ohm	91 ohm - 47 kohm
Ortofon Cadenza Bronze	0,5mV	5 ohm	50-200 ohm
Ortofon MC Windfeld	0,3mV	5 ohm	>10 ohm
Ortofon MC20	0,07mV	2,5 ohm	50-100 ohm

...så ser vi att man anger rekommenderad last inom ett väldigt stort spann. Man kan nog kalla det för en helgardering.

Det finns några olika *tumregler* vad gäller belastningsimpedansen och en av de vanligast uttalade är att man ska lägga sig mellan den lägsta rekommenderade lasten och den lägsta rekommenderade lasten + pickupens interna impedans*10. I Lyrans fall blir det då mellan 91 ohm - 141 ohm med ett medelvärde på 116 ohm. Lyras egna SUT (**Erodion**) har en omsättning på 1:20 och kommer att belasta pickupen med 117 ohm vilket stämmer bra med ovanstående beräkning.

Benz Micro LP-s rekommenderar >400 ohm och har en intern impedans på 38 ohm, man bör alltså ligga mellan 400 och 780 ohm.

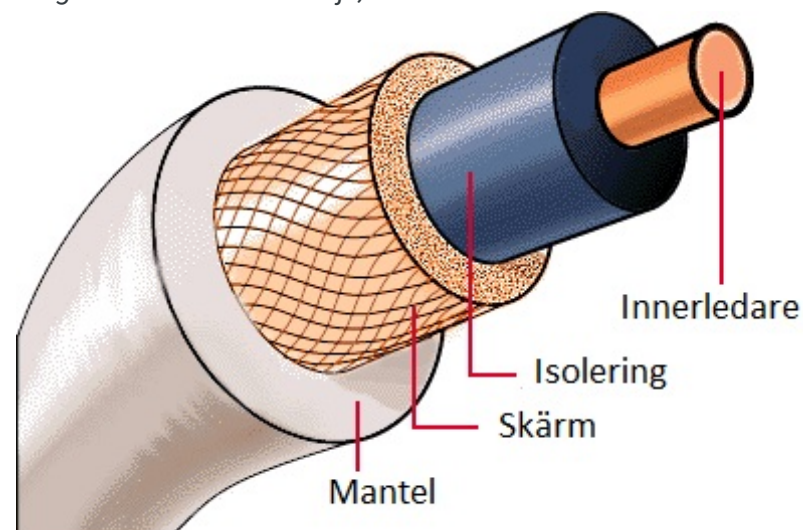
Många transformatorlindare säljer sina produkter till flera olika tillverkare av SUT:ar. **CineMag Inc** är en transformatorlindare som levererar till väldigt många olika apparattillverkare. **Hashimoto**, **Lundahl** och **Sowter** är några andra, listan kan göras längre. För den händige kan det vara ett alternativ att köpa transformatorer i *lös vikt*. Det blir till betydligt lägre pris än vad de färdiga lösningarna kostar.

PHONOKABLAR

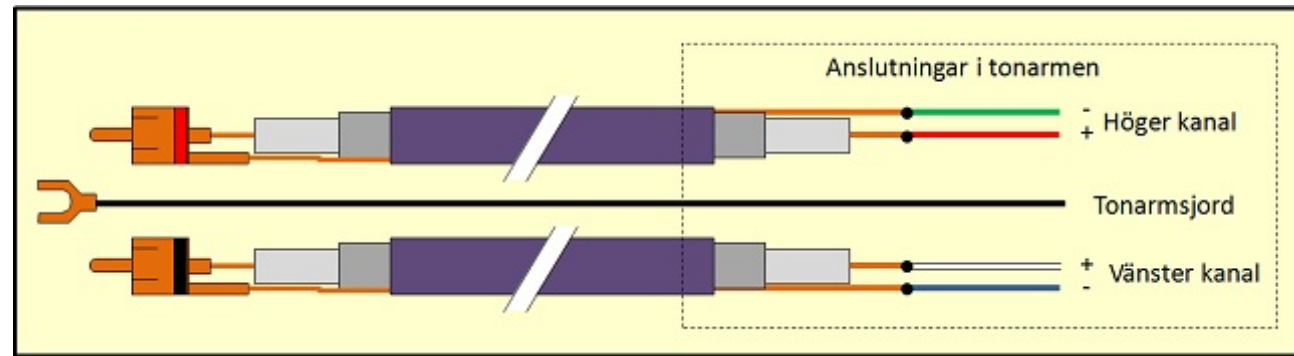
Att diskutera kablar är att be om trubbel, men vi presenterar åtminstone några av de vanligast förekommande alternativen. Det som är signifikativt för en *phonokabel* till skillnad från en vanlig interconnect är att phonokabeln inkluderar en jordkabel, undantag finns givetvis.

Den första varianten är coax-kabeln. Coaxen är en asymmetrisk kabel (de båda ledarna ser inte likadana ut) och används till många olika typer av signaler. Den är relativt billig, oftast välskärmd och förhållandevis lågkapacitiv. Många förknippar coaxkabeln med TV-antennen, men det är den fysiska uppbyggnaden som är definitionen av en coax, inte användningsområdet.

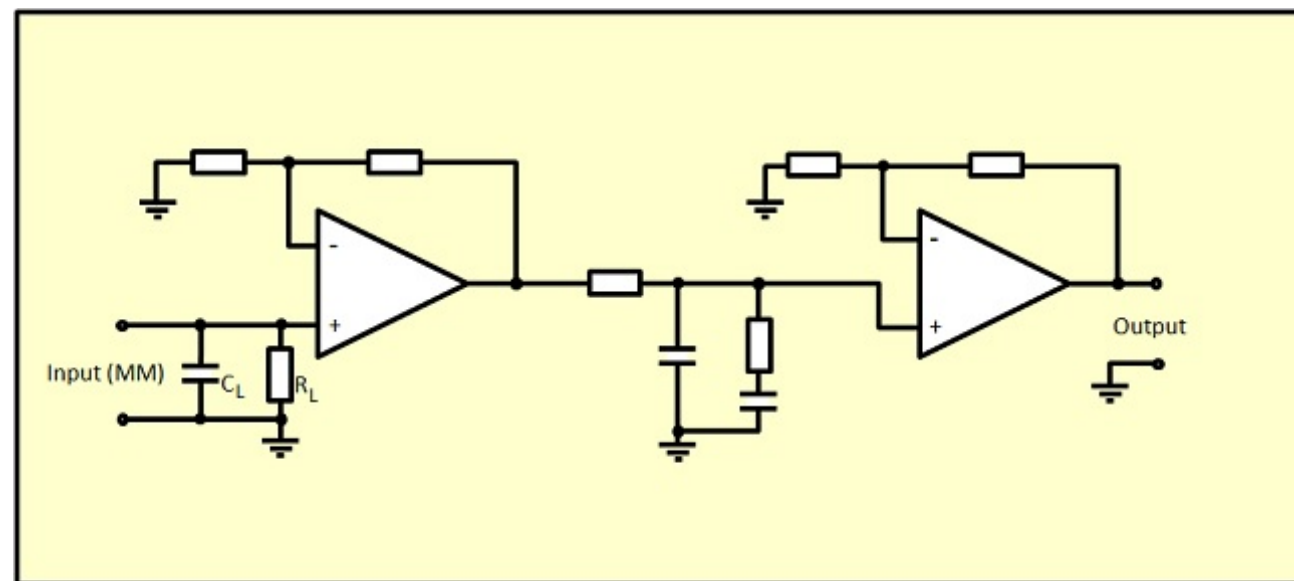
Vi saxar från Wikipedia: "Koaxialkabel är en tvåpolig elkabel, som är uppbyggd av en metallisk ledare, mittledaren, omgiven av ett isolerande material, dielektrikum, som i sin tur är omgivet av ett ledande hölje, skärmen."



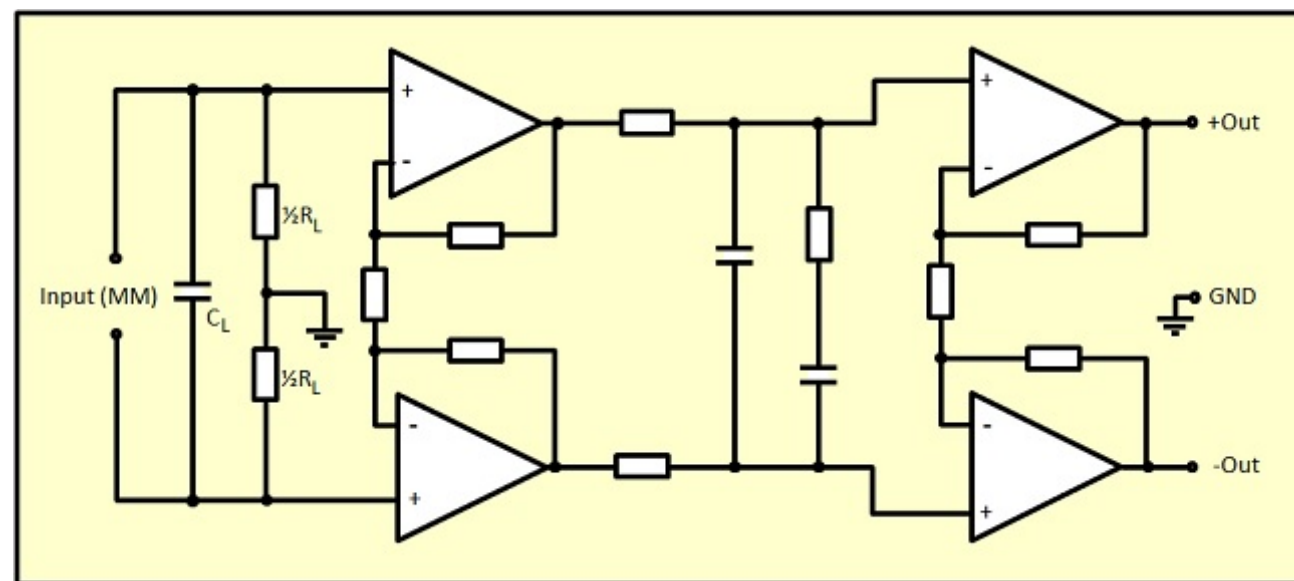
Bilden nedan visar hur en phonokabel baserad på en coax brukar se ut. En kabel per kanal och en extra jordkabel för att jorda tonarmen (och ev. andra metalldelar hos skivspelaren) i riaa-stegets jordskruv.



Det finns många som anser att coax'en är helt rätt kabel för det här ändamålet och att allt annat är överkurs, det kan det vara i vissa fall, men det kan också vara ett dåligt val beroende på hur mottagaren (riaa-steget/Stepup) är konstruerat. Är riaa-stegets ingångskontakter förbundna med chassijord är det helt OK med en coax, men det finns konstruktioner som använder en ingång av typen differentialförstärkare för att kunna undertrycka eventuella likfasiga störningar som plockats upp på vägen och då är coax'en inte det bästa alternativet.



Här har vi ett exempel på ett "single end"-kopplat riaa-steg. Som ni ser är pickupens ena anslutning direkt till jord. Steget saknar störningsundertryckning.



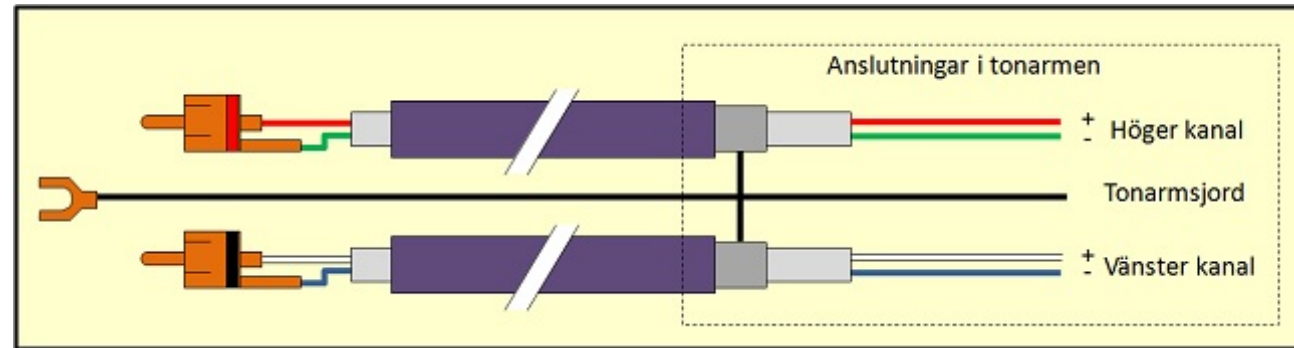
Ett förenklat exempel på ett "balanserat" riaa-steg. Ingen av pickupens anslutningar går till jord. Den här kopplingen har en bra förmåga att undertrycka likfasiga störningar.

Det krävs en symmetrisk kabel för att den här principen ska fungera optimalt och har man ett sådant bygge är det synd att inte utnyttja det till fullo. En symmetrisk (balanserad) kabel har två isolerade och partvinnade innerledare, en för plus, en för minus och en gemensam skärm. Nu ska vi inte fördjupa oss i konstruktionsteorier för olika typer av riaa-

steg men vi vill ändå påpeka att det finns skillnader och att det kan avgöra valet av kabel.

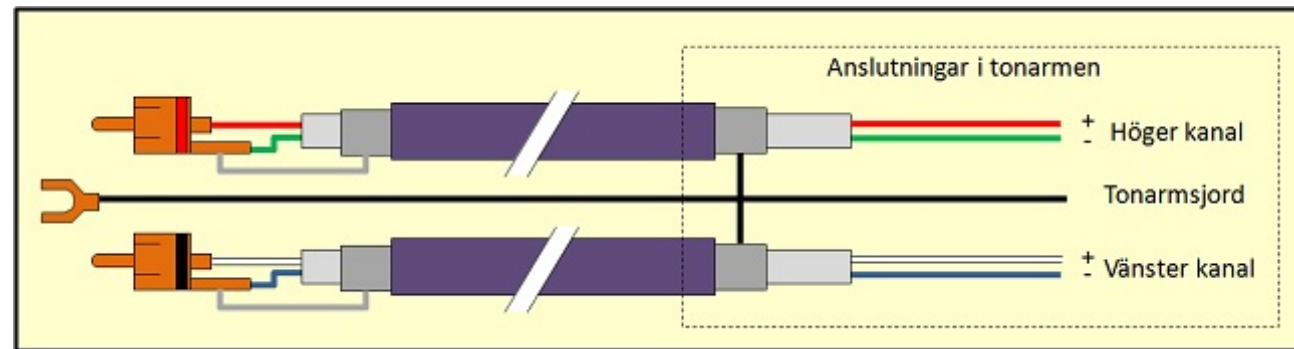
Det finns flera olika skolor för hur man ska göra en phonokabel, här kommer några exempel.

1. Skärmen ansluts till tonarmens jordskruv tillsammans med jordkabeln (den svarta på bilden) men skärmen ansluts inte i RCA-kontakten.



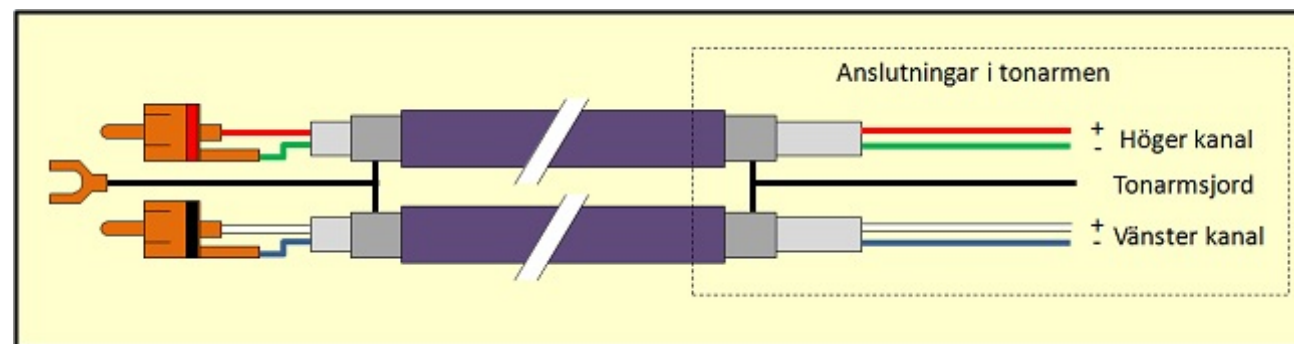
Denna variant kallas allmänt för pseudo-balanserad kabel.

2. Skärmen ansluts till tonarmens jordskruv tillsammans med jordkabeln och även i RCA-kontakten.



Denna metod kan generera brum på grund av jordslingor. Både jordkabeln och skärmen ligger parallellt om riaa-ingångens signaljord är direktkopplade till chassijord. Många skippar jordkabeln, men då är tonarmen jordad via signaljord, inte chassijord.

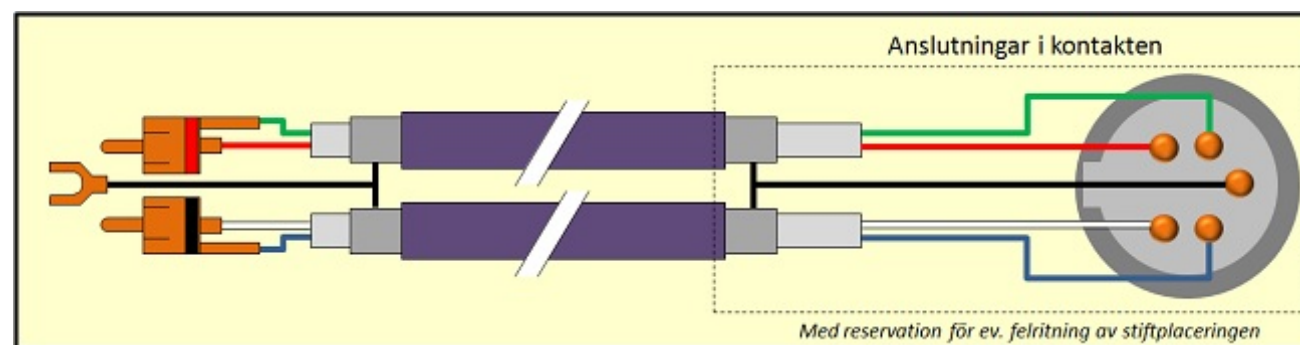
3. Många phonokablar av lite högre dignitet verkar dock vara byggda så här.



Man använder skärmen som jordkabel och ansluter ena änden till tonarmens jord och den andra till riaa-stegets jordskruv. Både tonarmen och skärmen har då samma potential och inga jordslingor kan uppstå där i vart fall. Med denna kabel har man helgarderat sig och den fungerar oavsett om ingångarnas signaljord är direktansluten till chassijord eller inte och det spelar inte heller någon roll om ingången är *single end* eller en differentia förstärkare.

Givetvis finns det fler varianter än ovanstående, varje tillverkare gör som han anser vara bäst.

Det finns ju phonokablar som har en 5-polig DIN-kontakt och då ser samma kabel ut så här i stället.

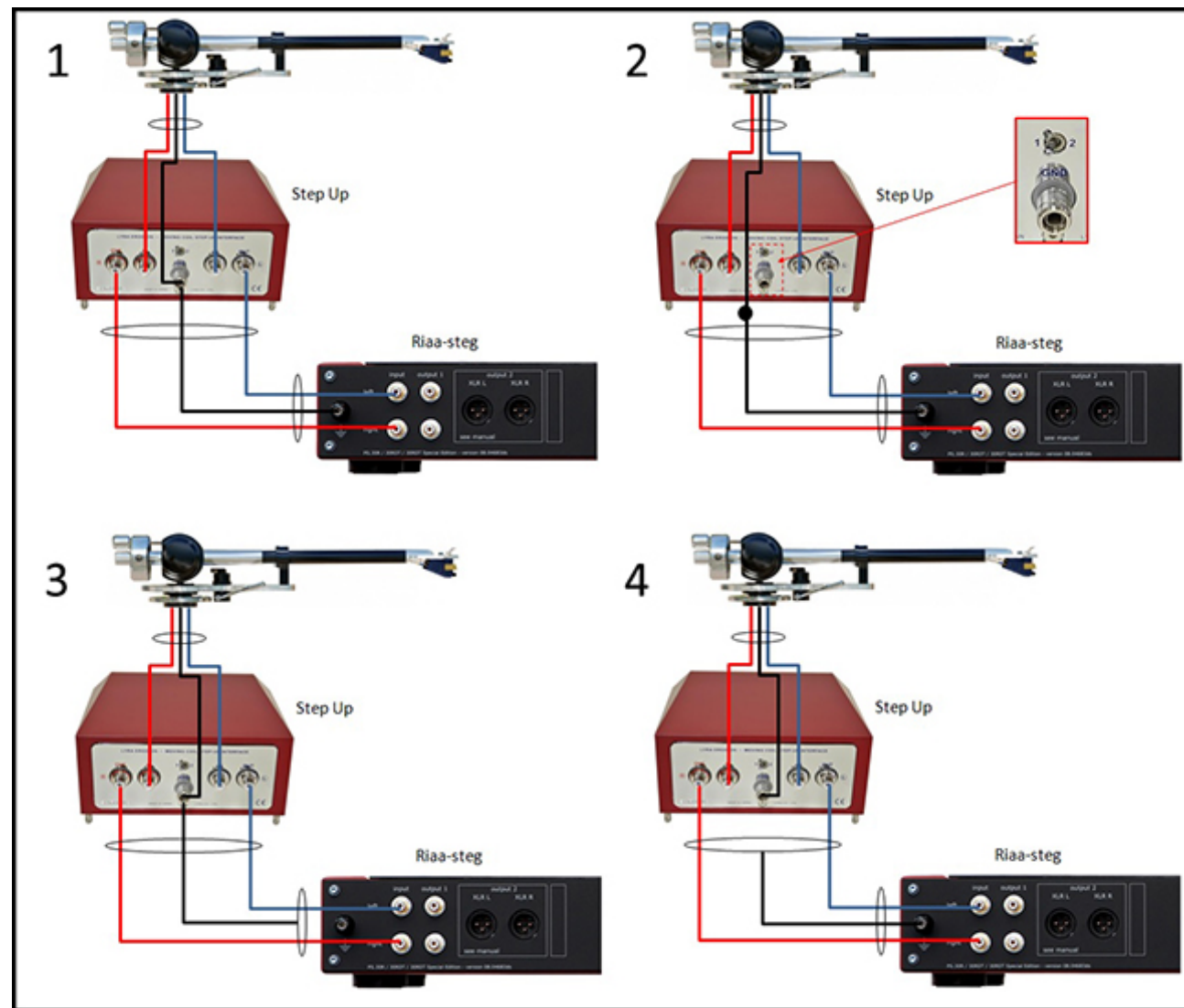


En bild på en färdig kabel enligt ovan.

När det gäller kabel mellan SUT och riaa-steg gäller samma sak som för kabeln från skivspelaren till riaa-steg. SUT:en gör ju bara att en MC-pickup får samma utsignal som en MM och signalen från en SUT är lika känslig som från en MM-pickup. Head Amp's är aktiva enheter och kan ha en bättre drivförmåga, framförallt klarar de troligtvis kapacitiva laster bättre än vad en passiv enhet (SUT) gör.

De flesta Step-Up Transformatorer har en jordanslutning precis som riaa-steget har. Hur ska man då göra?

Det finns tyvärr inget enkelt svar på den frågan. Vi visar några olika alternativ:



Alt.1 - Här är tonarmen jordad i SUT:en och kabeln mellan SUT och riaa är jordad i både båda ändar.

Alt.2 - Nu är tonarmens jord förbunden med jord i kabeln mellan SUT och riaa som i andra änden är jordad i riaa-steget. Detta innebär att man måste sätta ihop jordarna på något sätt, t.ex. med en skruv och mutter om de är utrustade med gafflar, eller ta en "sockerbit" om det är skalade kabeländar. Bilden visar en Lyra Erodion (SUT) och över jordanslutningen sitter en liten vippströmbrytare (se delförstoringen), med denna kan man bryta jorden till SUT:en och bara använda jordskruven som en skarvpunkt. Smart, mer sån't.

Alt.3 - Tonarmen är jordad i SUT:en och jordkabeln mellan SUT och riaa är bara ansluten i SUT:en.

Alt.4 - Tonarmen är jordad i SUT:en och jordkabeln mellan SUT och riaa är bara ansluten i riaa-steget.

Många får bäst och tystast resultat med alternativ 2. Det är förvisso några kombinationer att testa, men det kan verkligen vara värt omaket.

För kablaget mellan riaa-steg och förstärkare gäller samma som för vilken interconnect-kabel som helst. Riaa-stegen ger normal linjenivå på samma sätt som en CD-spelare eller en DAC.

Bebop



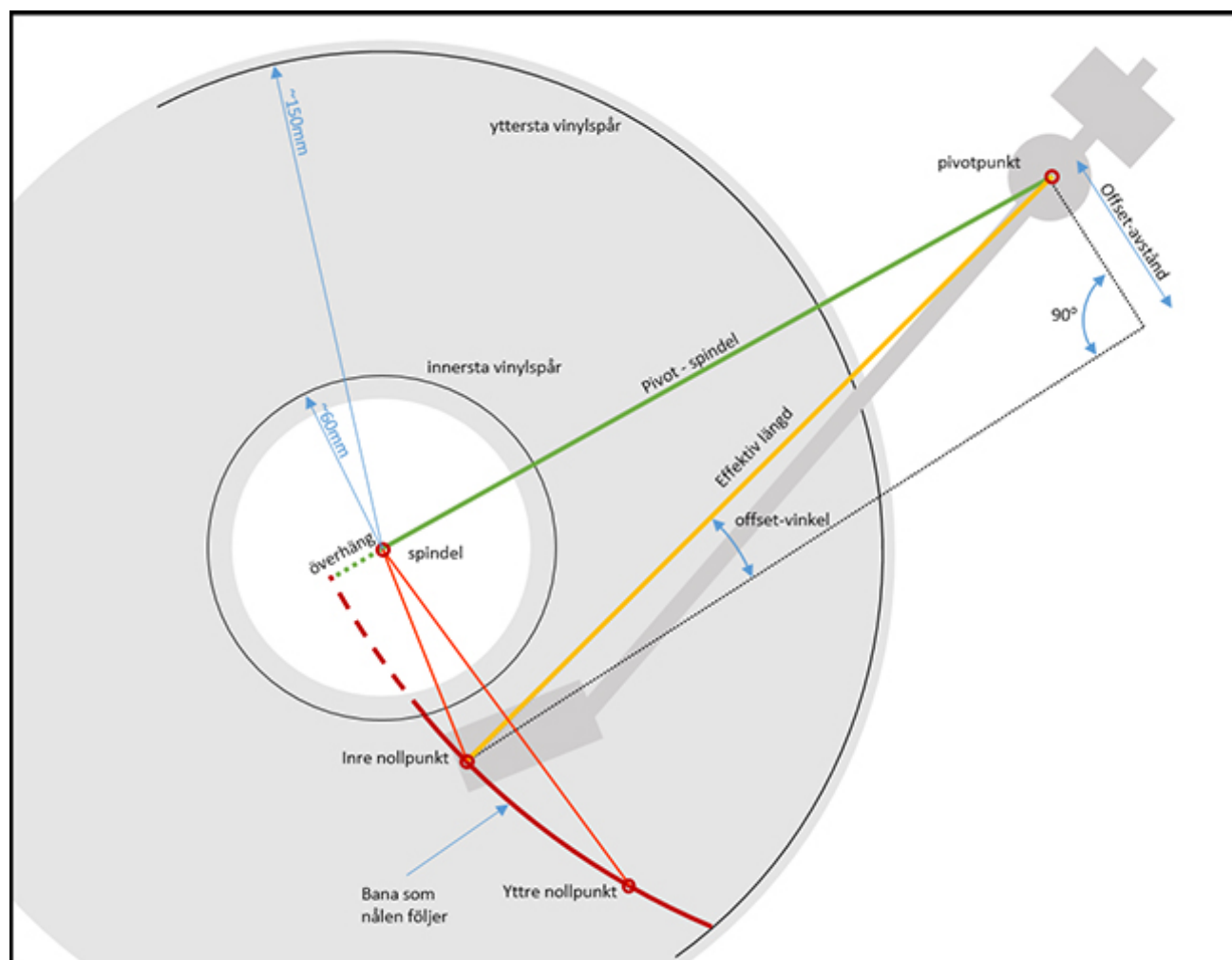
Posted December 4, 2016

#11

10. Tonarmsgeometri

En LP är graverad med spåret vinkelrätt mot vinylskivans radie. Om man avviker från denna vinkel så kommer pickupen läsa av fel. Som nämns ovan är de två vanligast förekommande armtyperna radialarm och tangentialarm (de är i stort sett de enda armtyperna om man bortser från några bastarder). Radialarmen ger alltid mer eller mindre vinkelfel inom hela sitt arbetsområde. Så även om man monterar helt rätt så blir det ett tillskott i thd på uppåt 0.5 %. Tangentialarmen kan teoretiskt ge noll vinkelfel om den monterats rätt. Trots detta är radialarmen den helt förhärskande konstruktionsprincipen för tonarmar. Ju längre en radialarm är desto mindre vinkelfel kommer den ge.

De vanligaste längderna för radialarmar är 9 och 12", och då avses effektiv längd, dvs avståndet mellan tonarmsbasens centrum (lager) och pickupens nålspets. I nedanstående figur anges de vanligaste måtten som förekommer i nomenklaturen för radialarmar.



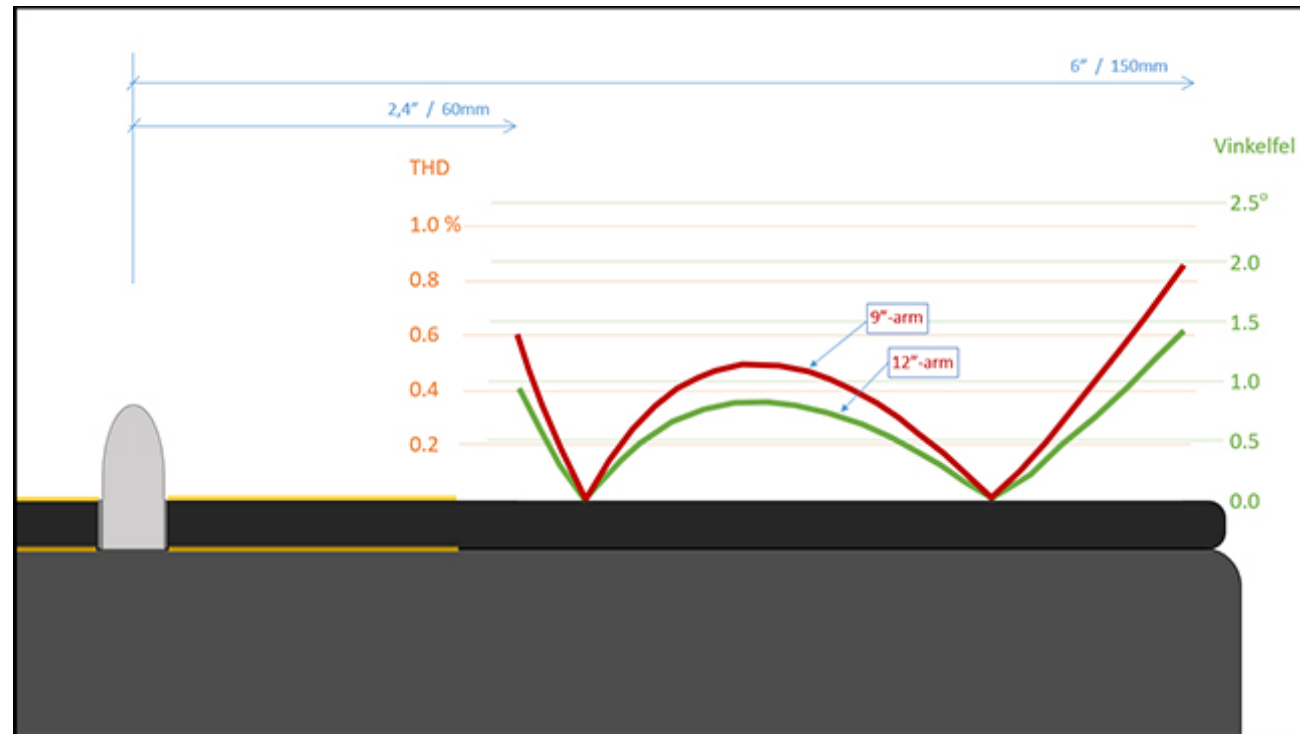
Benämningar på de vanligaste måtten och vinklarna.

RADIALARM - EFFEKTIV LÄNGD OCH NOLLPUNKTER

Man börjar med att montera tonarmen så att den får korrekt avstånd mellan pivot och spindel. Detta avstånd är tonarmens angivna effektiva längd minus överhäng ($L_{EFF}-OH$). För en 9"-arm är detta typiskt $229-18=211\text{mm}$ (Linn) eller $228-16=212\text{mm}$ (Ortofon). Dessa mått ska framgå av tillverkarens specifikationer.

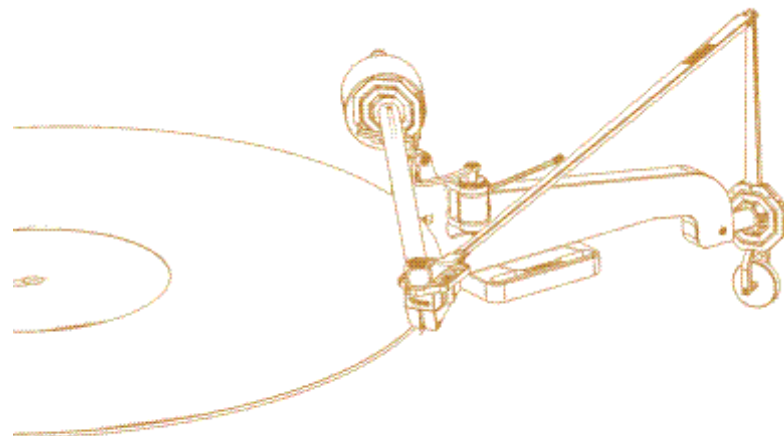
Det finns tre olika "skolor" för att minimera vinkelfel; Baerwald, Lofgren och Stevenson. Det finns mycket skrivet om detta i böcker och på nätet, men alla tre är geometriska beräkningar baserade på olika antaganden om vilka nollpunkter som är bäst. De geometriska sambanden för en tonarm baserad på en fast pivotpunkt är väl kända sedan Baerwalds och Lofgrens grundläggande publikationer i början av 1900-talet. Båda drog slutsatsen att en sådan spåringsbana måste ges en offset-vinkel med ett definierat överhäng. Storleken på offset-vinkeln och överhänget varierar med den effektiva längden hos tonarmen. När nålen drar fram i spåren så får den en tangentiell position endast i

två punkter - de inre och yttre nollpunkterna. Stevenson anpassade senare dessa formler (kurvor) så att vinkelfelet blir mindre i slutet av en LP, där det ofta är krescendon i klassisk musik. Här är en illustration över hur vinkelfel och därmed distorsion varierar utifrån om man väljer två typiska nollpunkter (det skulle kunna vara Baerwald). Om du brukar tycka att spår 2 är det bästa på en LP, så kanske detta är förklaringen 😊



Vinkelfelets variation från start till slut på en LP som spelas med radialarm.

Tonarmstillverkaren bör skicka med en mall (sk protractor) för grovinställning av pickupmontering. Den är då normalt anpassad för specifikt den tonarm man har. Det finns även generella protractorer att köpa, och i brist på annat kan man [skriva ut en skalenligt från nätet](http://www.conradhoffman.com/TemplateGen.zip). Observera mm-skalan på dessa eftersom utskrifter har en tendens att skala bilder. Här är annars en mycket bra mallgenerator: <http://www.conradhoffman.com/TemplateGen.zip>. Det finns även ett otal tillverkare som har trixat med själva armens form för att minska vinkelfel. De mest kända är J-arm och S-arm som är böjda i plan för att ge rätt offset-vinkel i själva armen. Framför allt Technics SL-1200 som har en S-form så att olika pickuper monterats rakt på enbart med en mycket enkel (medföljande) mall. Armens form påverkar alltså inte effektiv längd, den är alltid *fågelvägen* enligt figuren ovan. En mycket intressant arm är Thales, som har en huvudarm och en guide samt fyra pivotpunkter, så att offset-vinkeln ändras under gång;



Thales tonarm ger också endast två punkter som har noll vinkelfel, men pga variabel offset-vinkel kommer vinkelfelet bli mindre än för en motsvarande traditionell radialarm. Bild: www.tonarm.ch

Man kan tycka det är onödigt att behöva ställa in effektiv längd - det borde vara standard. Men eftersom alla pickup-tillverkare har sina egna geometrier går det inte komma ifrån. [Feickerts senaste protractor](#) har integrerat inställning av överhäng i första steget eftersom om två punkter är rätt så är även den tredje rätt.

Man behöver inte följa effektiv längd slaviskt, det viktiga är att minimera vinkelfel. Tvärtom är det bättre ju längre avstånd man lyckas få mellan nålspets och pivotpunkt.

TANGENTIALARM - EFFEKTIV LÄNGD OCH NOLPUNKTER

Ja, en tangentialarm har förvisso en effektiv längd, men den har inga nollpunkter. På en tangentialarm monteras alltid pickupen rakt i plan, och ett vinkelfel pga felmontering har minst lika stor inverkan här som för en radialarm, så det gäller att vara noggrann. Det som kan få en tangentialarm "off angle" är om armen inte löper helt fritt med spåren mot centrum, pga glapp i upphängningen, friktion, skatingkrafter mm.

Hursomhelst, detta är endast en av de parametrar som gör att en tonarm inverkar på avläsningen. Vinkelfelet i plan må vara minimerat, men det finns tre vinklar till; *Vertical Tracking Angle* (VTA), *Azimuth* och *Zenit*. Med fel inställd VTA, azimuth och/eller zenit så kommer nålen spåra fel. Förutom att det skapar distorsion så sliter det dessutom på både nål och skivor.

NÅLTRYCK OCH ANTISKATING

Nåltryck (VTF, Vertical Tracking Force) ställs in efter tillverkarens rekommendation, och hänger ihop med hur kompliansen är utformad. En del tillverkare anger ett spann, och om nålen spårar bra så brukar det vara bäst att välja det lägre värdet. När man spelar med radialarm så kommer en glidkraft påverka tonarmen, så att nålen trycker mer på den inre spårväggen än på den yttre. För att kompensera detta har de flesta radialarmar en funktion som kallas antiskating. Det vanligaste är att man hänger en vikt i ett snöre som är infäst i tonarmen på andra sidan pivotpunkten. Men det finns även andra lösningar, exvis fjädrar eller magneter. Antiskating justeras bäst med en testskiva, där spår har modulerats för svårare och svårare spårning. Förr eller senare börja det dista i höger eller vänster kanal. Om man då justerar så att det börjar dista samtidigt i båda kanaler så har man optimerat antiskating. Man justerar helt enkelt genom att öka eller minska antiskatingvikten. Det brukar hamna i närheten av nåltrycket.

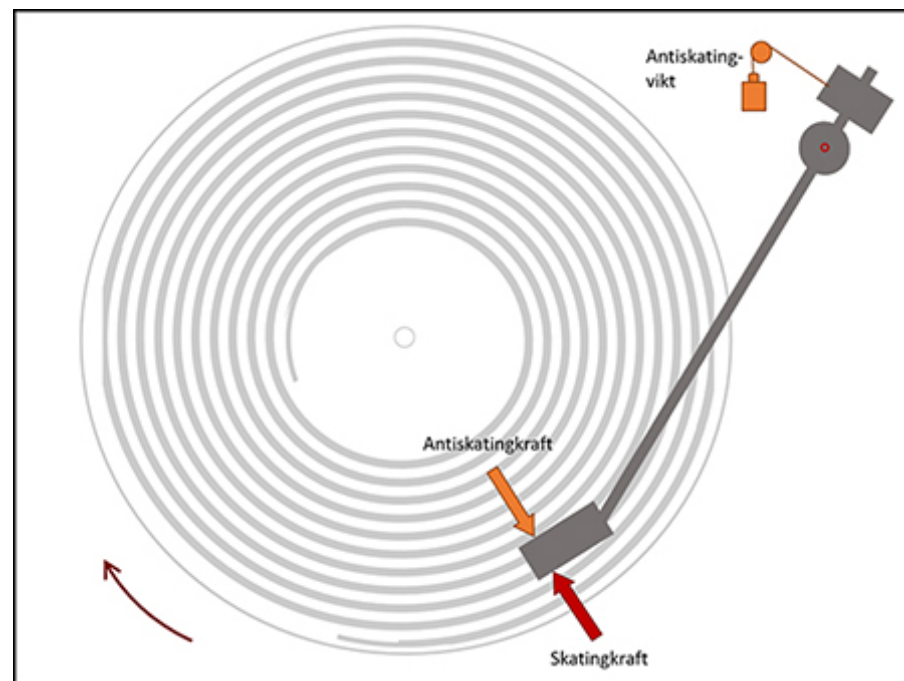


Illustration av skatingkraften och den motverkande antiskatingkraften som normalt kan ställas in på en radialarm.

Skatingkraften är alltså helt geometrisk och beror enbart av offsetvinkeln, överhänget och friktionskraften. Här är några principiella formler:

$$\text{Skatingkraft } F_S = F_F \tan \varphi$$

$$\text{Friktionskraft } F_F = \mu \text{ VTF } g$$

$$\varphi = \sin^{-1} \left(\frac{R/2L_{\text{EFF}} + (2L_{\text{EFF}}OH - OH^2)/2RL_{\text{EFF}}}{R/2L_{\text{EFF}}} \right)$$

Där

VTF: nåltryck

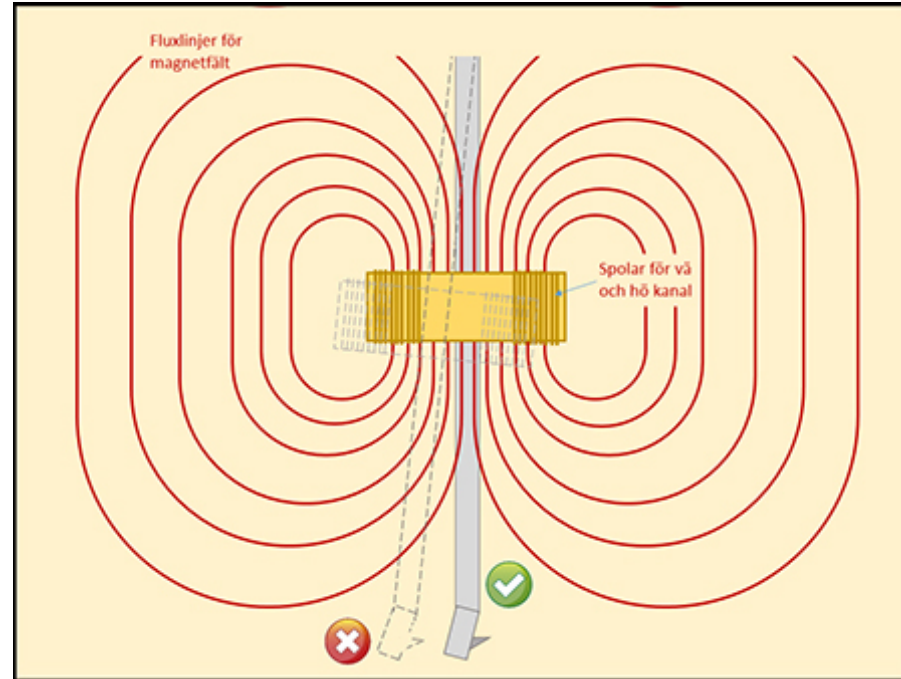
μ : friktionskoefficient

R: spårets radie

L_{EFF} : är tonarmens effektiva längd

OH: överhäng

Men vad händer egentligen i generatoren om spolarna står fel i förhållande till magnetfältet? Den relativa hastigheten påverkar utspänningen för en given pickup. Men utgångsläget för utspänning är antalet varv på spolarna och magnetfältets storlek. Spolarnas läge i magnetfältet avgör hur stor utspänningen kan bli. Eftersom magnetfältet har olika styrka på olika ställen (flux-linjer) kommer både amplitud och kanalbalans påverkas. Om man studerar hela generatorpaketet så kommer utspänning (vä resp hö) skilja beroende på val av VTF och HTF (Horizontal Tracking Force, dvs antiskating) eftersom dessa flyttar spolarnas "nollägen" i förhållande till ett symmetriskt magnetfält. Om nolläget dessutom är felmonterat från början så blir det än värre.



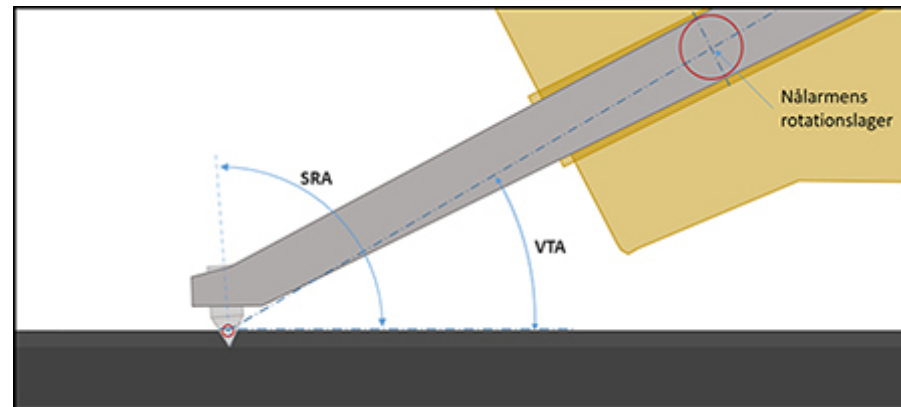
Spolarnas läge i förhållande till magnetfältet påverkas av både ursprunglig montering, VTF och HTF.

Den spänning som genereras kommer bli fel om spolarna blir felplacerade när nåltryck och antiskating applicerats (streckad figur).

VTF böjer nålen i storleksordningen 3° . HTF brukar hamna 20-80% av VTF om man går efter testskiva. Så nålen böjer sig i storleksordningen $0.5-2.5^\circ$ om horisontell och vertikal komplians är lika.

VTA OCH SRA

Definitionen av VTA och den sammanhörande Stylus Rake Angle (SRA) framgår av följande figur:



Definition av VTA och SRA. Skärmaskinernas variation över tid och mellan tillverkare gör att optimalt VTA varierar mellan $15-24^\circ$, medan optimalt SRA varierar mellan $91-95^\circ$. Vi rekommenderar att ställa SRA vid ca 92° .

VTA och SRA är vinklar som nålspetsen är konstruerad för och avgör hur kontaktytan mellan spåren i en LP och nålspetsen kommer att se ut. VTA och SRA kommer att ändra sig beroende på vikt (tjocklek) på de LP man spelar.

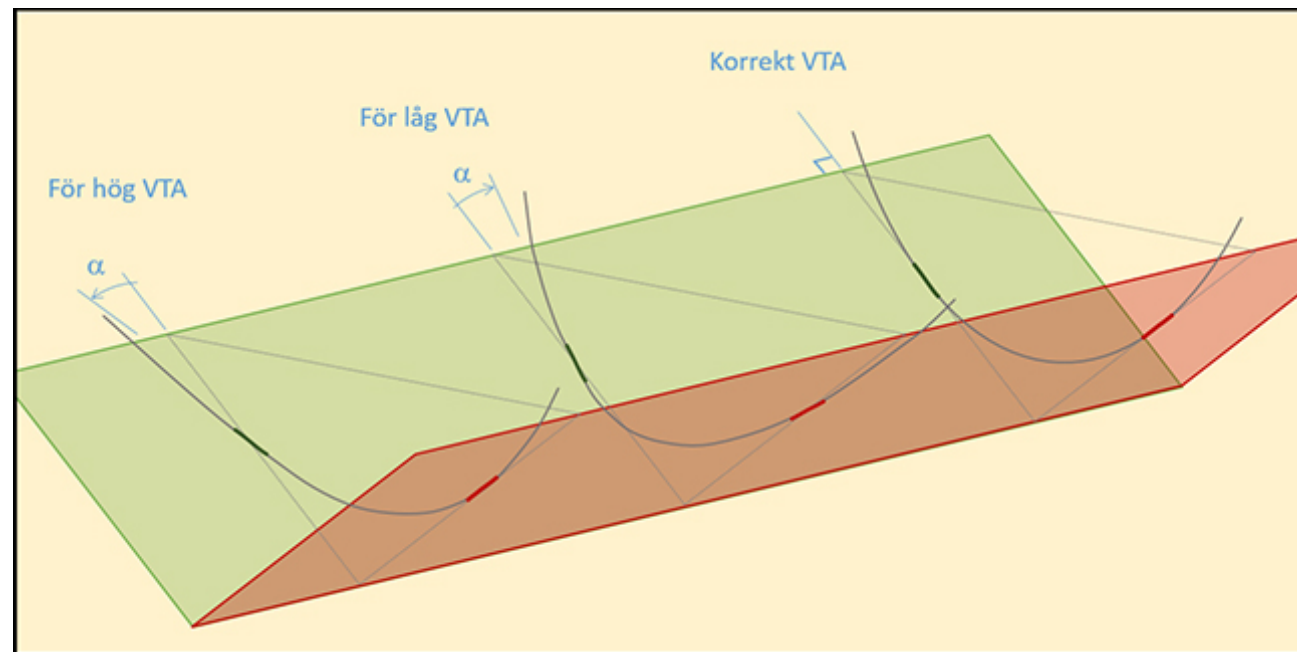
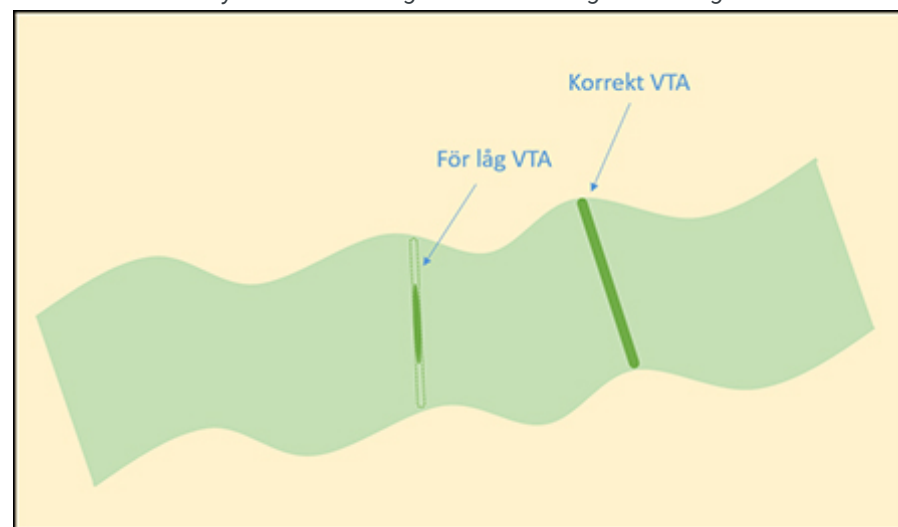


Illustration av ett spår där nålens kontaktyta är markerad för vänster (grön) och höger (röd) kanal.

Man ser hur kontaktytan får en felaktig vinkel vid för hög eller för låg VTA.



I närbild ser man att när VTA sammanfaller med skärverkygets skärvinkel så kommer anläggningen förbättras jämfört med en felaktig VTA.

Det är känt att med för låg VTA så får man ett något bumligt sound, och med för hög VTA så återges en hårdhet och det låter tunt. Men varför? Om man ser nålens kontakt med spåret som två linjer (vä+hö), så behöver det inte vara någon skillnad alls varken för kontaktytans läge på nålen eller i spåret, men linjerna kommer luta i samma grad som vta. Kontaktytans storlek och form kan ändras ganska radikalt, och egentligen handlar det om att nålens SRA ska efterlikna skärhuvudets rake angle, men justeringen av SRA gör man ju med VTA. I generatoren bör det inte vara någon skillnad alls mellan olika VTA eftersom magnet och spolar vinklas likadant, men själva upphängningen kan såklart påverkas eftersom den *snedbelastas* vid fel VTA.

Det som sker med olika VTA är att moduleringen påverkas, ungefär som att cykla på en bucklig väg som dessutom är i uppförs- eller nedförsbacke. Här är en illustration som visar vad som händer med en sinuskurva när avläsningen sker med fel vinkel:

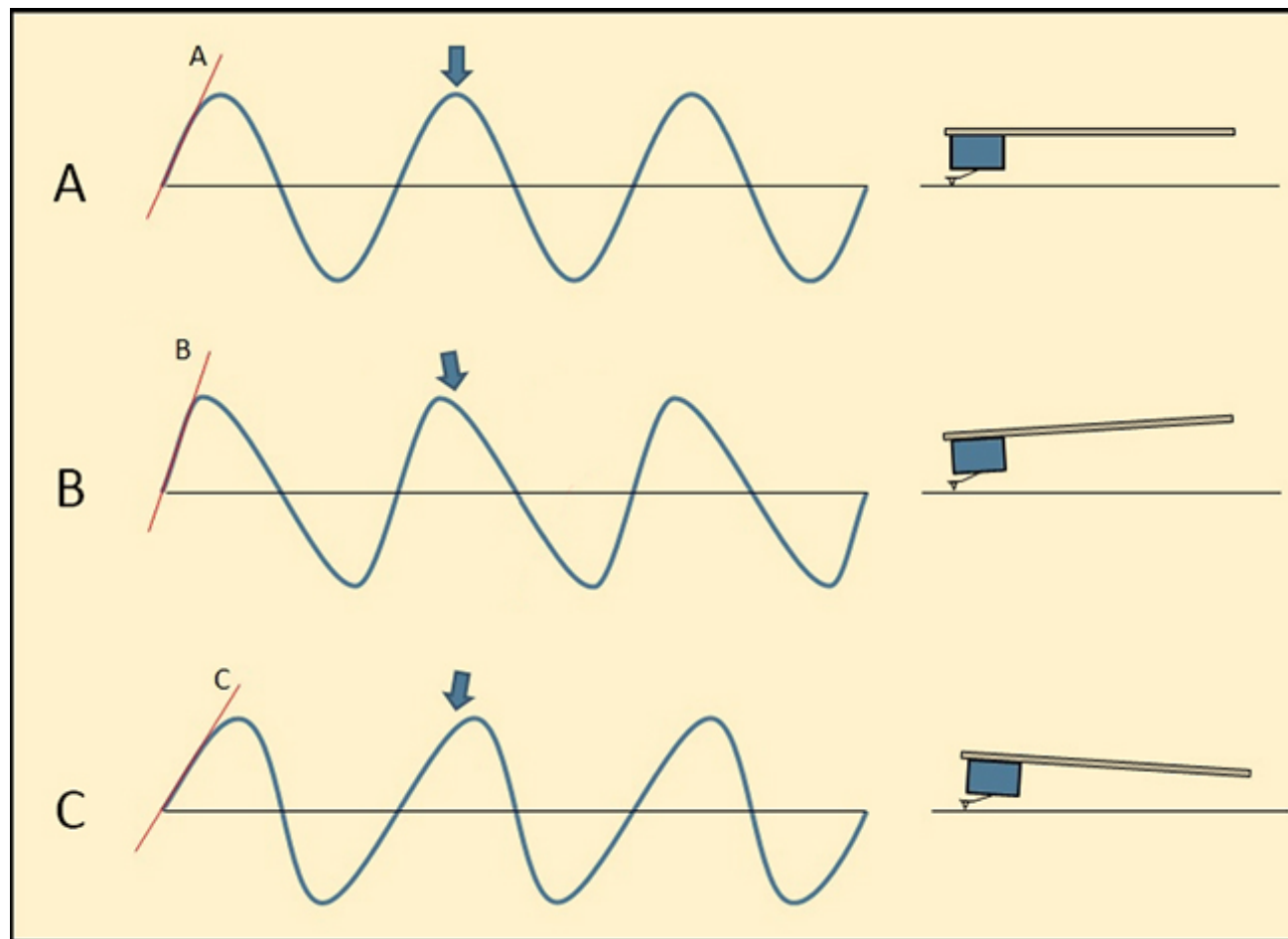


Illustration av påverkan från olika VTA för ton med samma periodtid.

- Kurva A visar en korrekt inställd VTA.
- Kurva B visar vad som händer om man höjer armen i bakkant. Signalen kommer att få en brantare framflank än bakflank. Ju brantare framflanken är, desto mer kommer signalen att upplevas som ljusare (signalen kommer att intermoduleras med en högre frekvens). Vi kommer även att tycka att det är bättre drag med tydligare anslag och attack.
- Kurva C visar hur resultatet blir när armens pivot är för låg. Denna långsamma framflank gör att ljudet upplevs som mörkare och med dålig attack.

Man kan finlira med VTA om man vill, och en del ändrar tom VTA beroende på vilken tjocklek på LP de ska spela. Vi anser nog att en praktisk lösning är då man ställer vta mitt mellan de lägen där tonarmen är parallell för den tunnaste och tjockaste LP man har. Det är inte helt sunt att ändra VTA mellan olika LP eftersom man ju faktiskt även ändrar andra parametrar. På en del tonarmar är det enkelt att ställa om genom att ändra höjden vid tonarmsbasen, och vissa kan t.o.m ändra detta *on-the-fly*. Men det är svårt att ge vattentäta råd om VTA när det finns en sådan spridning i både skärhuvud och skärdiamant (exvis vertical cutting angle och cutter rake angle), där det finns en variation både över tid, mellan tillverkare och mellan de som monterat verktygen. Vi tycker att man börjar montera sin pu med vågrät tonarm för en medel-LP enligt ovan. Om man vill gå vidare så är en metod att fotografera SRA med ett usb-mikroskop och försöka hitta 92 grader. Ett annat sätt är att mäta distorsionen och ställa VTA (SRA) efter det. Det finns spår för IMD-mätning på exvis **Ultimate Analogue Test LP**, och metoden beskrivs i senare avsnitt.

Fel VTA/SRA ger alltid en kombination av *moduleringsförvrängning* (enl ovan beskrivning) och annan spåringsdistorsion. Om man minimerar distorsion genom mätning så har man antagligen även minimerat moduleringsförvrängningen, åtminstone för just den test-LP man mäter med.

AZIMUT

Azimut är den vinkel som nålspetsen har i förhållande till lod eller zenit. Såhär alltså:

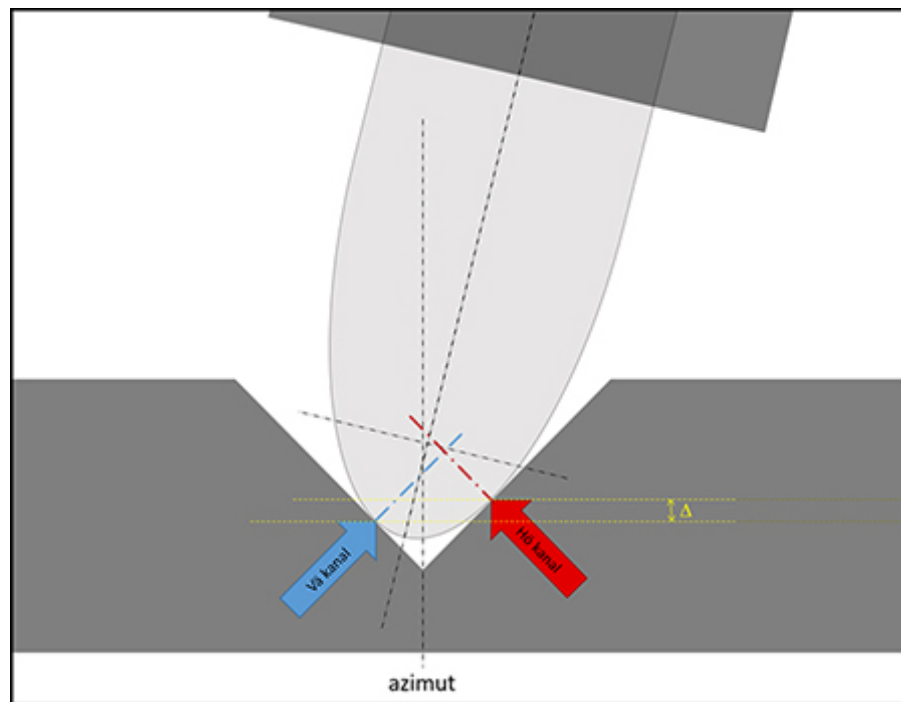
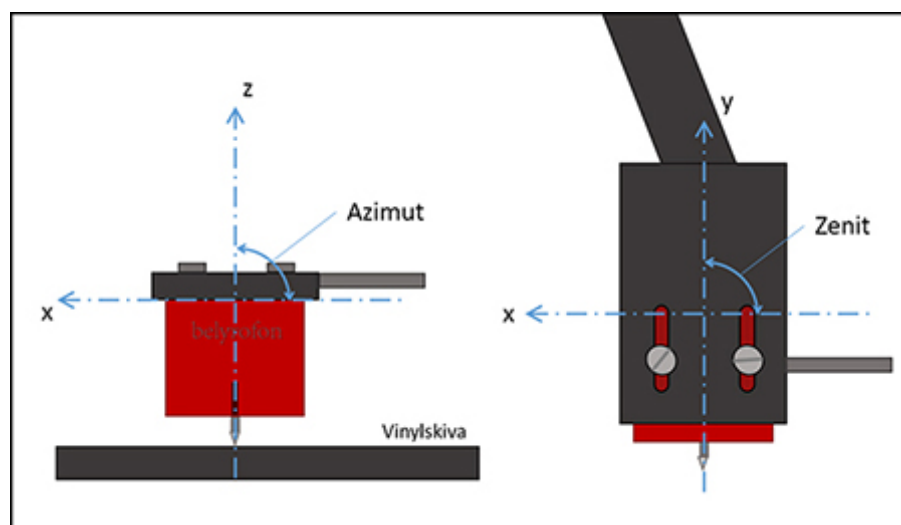


Illustration av den kanalobalans som uppstår när nålspetsen inte är inställd i azimut.

Denna vinkel ska såklart vara 0° . Men det innebär inte helt självklart att pickupskalet ska vara helt i horisontalplanet. Vinkeln 0° är ju för själva nålspetsen, och dessutom är det egentligen under gång. Då är nålspetsen belastad och kommer att böja sig något så att både SRA och azimut ändras. Felaktig azimut påverkar både fas och kanalseparation, vilket ger en felaktig stereobild.

Lyra har i sin senaste "generation" pickuper utvecklat en armrörsgeometri och komplians som är gjord för att SRA och azimut ska vara korrekt vid spelning.



Korrekt inställd azimut och zenit.

ZENIT

En nålspets som inte är i "lod" ger azimut-fel, och om den inte är i våg parallellt med armen ger det vta-fel. Men det finns en vinkel till - zenit. Detta avser såklart att nålspetsen inte är vriden i plan. Med en protractor förlitar man sig på att nålspetsen sitter exakt monterad på nålarmen, vilket den sällan gör. Zenit-fel ger ett fasmusfel mellan kanalerna och det går att detektera med ett vanligt oscilloskop. Syns det där så hörs det garanterat:

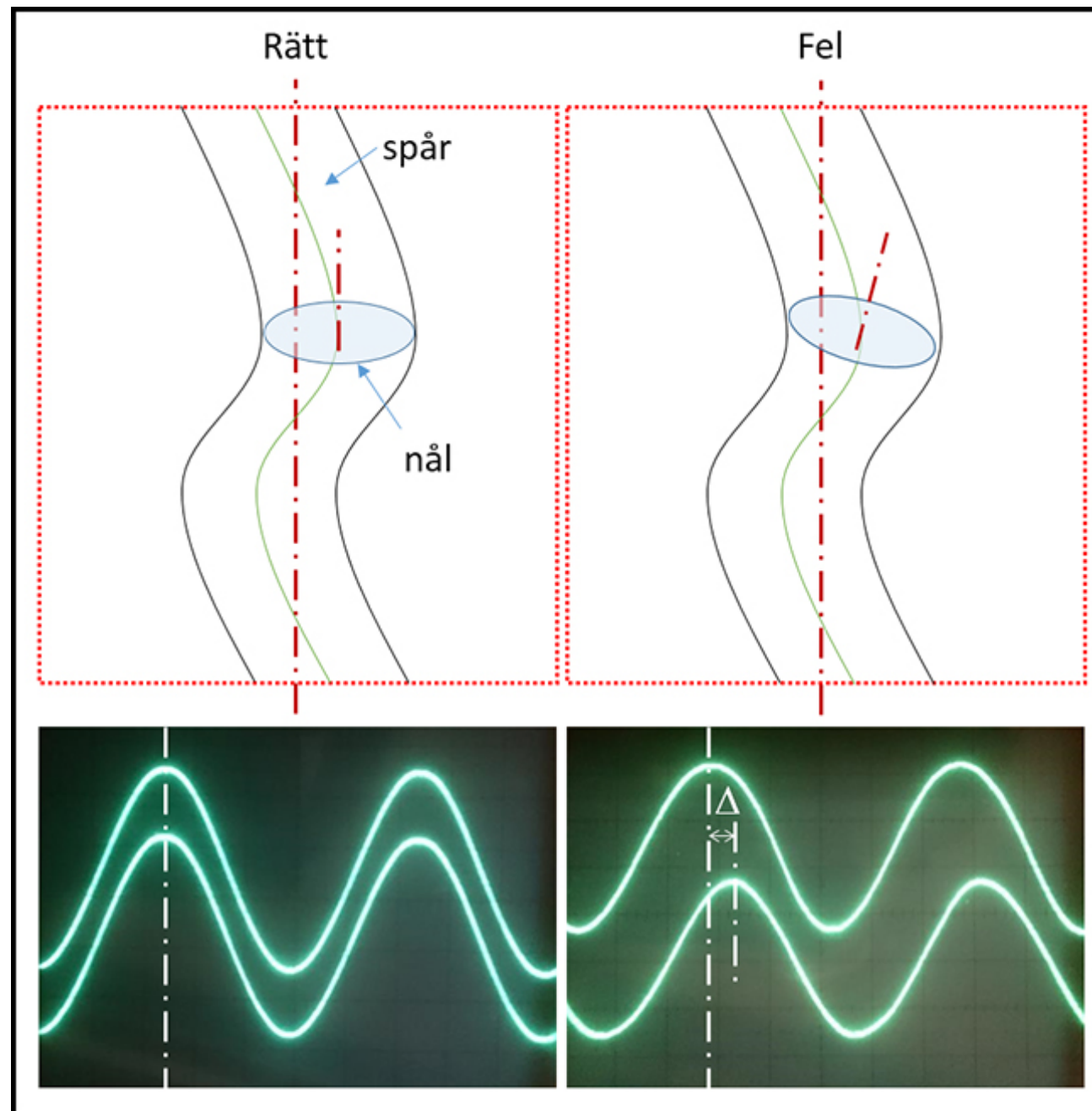
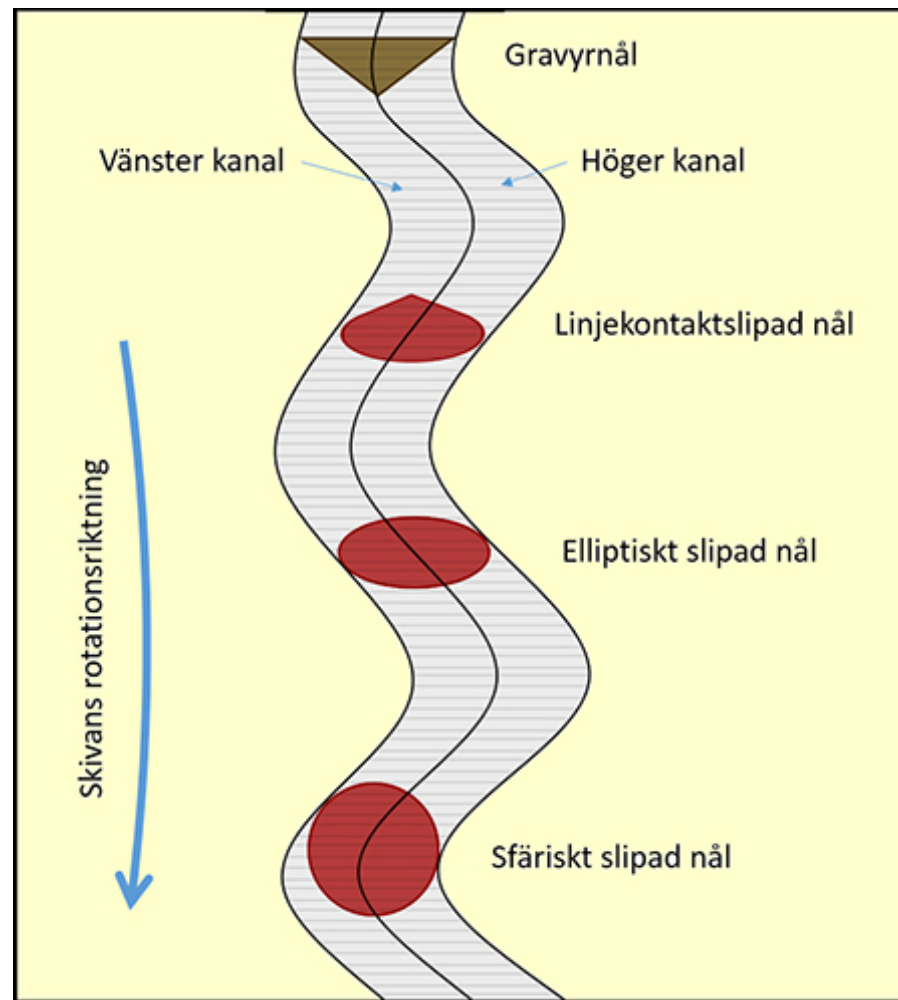


Illustration av rätt och fel inställning i förhållande till zenit. Vid oscilloskopmätning bör man om möjligt använda ett mono-spår på testskivan som ligger så nära en av den valda geometrins 0-punkter som möjligt. Ju högre frekvens testspåret har, desto känsligare blir mätningen.

Ovanstående geometriska inställningar påverkar hur anliggningsytan kommer se ut mellan nål och LP-spår. Nålen ska så bra som möjligt efterlikna skärverktygets spår. Äldre typer av slipningar är inte så känsliga eftersom de var koniska (senare elliptiska) och ändrad vinkel påverkar inte anliggningsytans form så värst. Här är en illustration av hur olika slipningar ser ut i vinylskivans spår. Som sagt, ju bättre nålen efterliknar gravyrnålens hyvlingsyta, desto exaktare avläsning;



Olika nålslipningars utseende i spåret jämfört med gravyrnålen.

Som vi beskrivit kort i avsnitt 3 så ger alla avvikelser mellan skärhuvudets och nålens transportväg spåringsdistorsion. De beror i huvudsak på hur nålen har slipats, och kan ge både amplitud- och fäsfel. Den simplaste formen av spårfel är när nålslipningen är så grov att den helt enkelt inte kan följa de våglängder som ett skarpt skärverktyg har graverat, utan bara gräver över dessa. Detta resulterar i förlust av högfrekvent modulering. Ett exempel på *vertikal spåringsdistorsion* är när slipningen gör att kontaktytan flyttas vilket får generatorn att läsa en annan kurvatur än den som graverats:

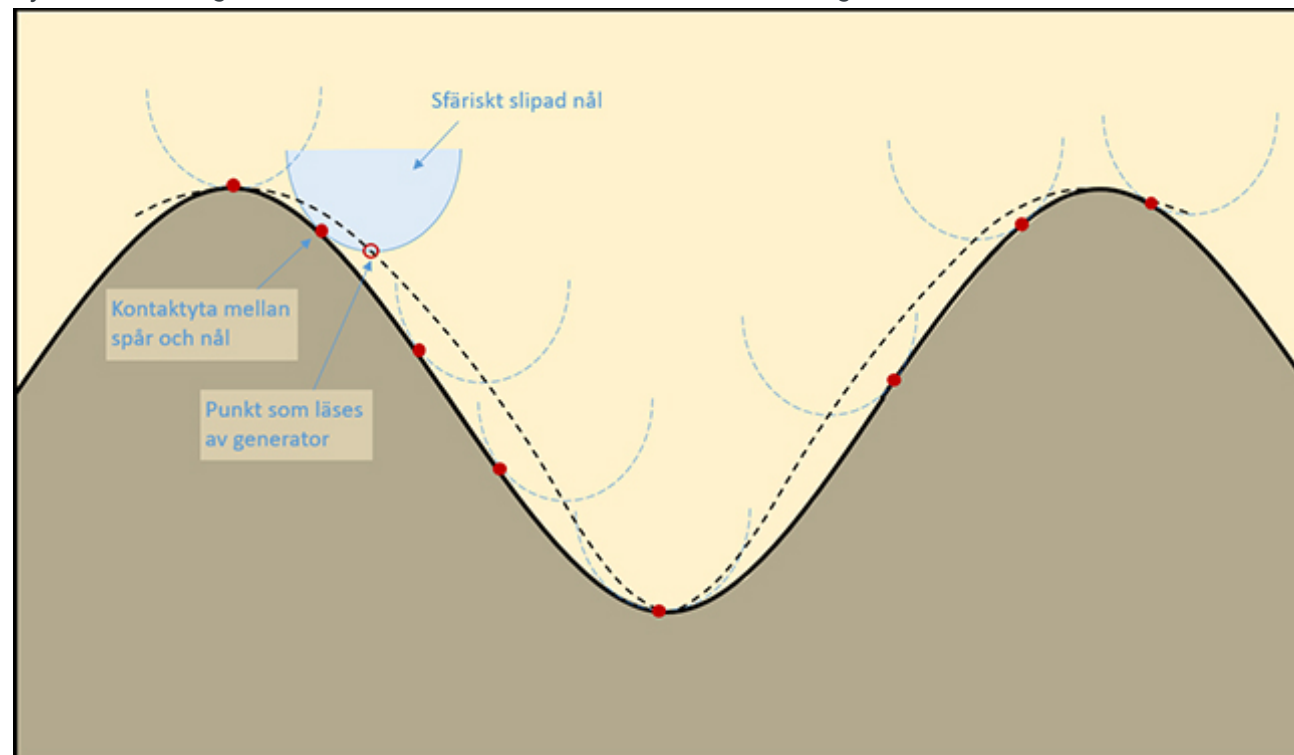


Illustration av skillnad mellan vertikalt graverad (heldragen) och avläst kurvatur (streckad linje).

Ett exempel på *horisontell spåringsdistorsion* är när horisontell modulering gör att nålen *kläms* pga de horisontella krökningarna. Nålen kläms såklart inte utan effekten blir att den i stället trycks upp från spåret. Detta får som effekt att nålen modulerar en tilläggsignal med dubbla frekvensen jämfört med den horisontella moduleringsfrekvensen. Moderna nålslipningar är optimerade för att minimera den här typen av geometriska effekter. En modern linjekontaktsslipning kan ge dubbelt så stor anliggningsyta som en äldre typ. Anliggningsytan för en modern slipning kan vara $60\mu\text{m}^2$ per kanal. Här ser vi en mindre myrart i förhållande till spåren på en LP:



Bild vinylspår: www.thevinylfactory.com Bild myra: www.alexanderwild.com

calle_jr



Admin

+ 2 230

17 272 posts

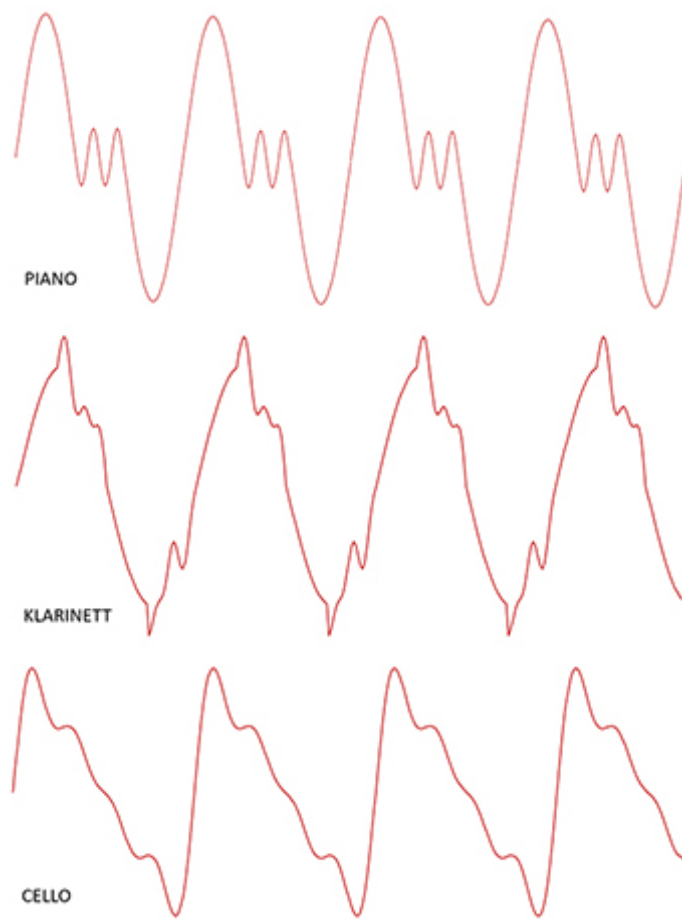
Location:Malmö

Posted March 4, 2017

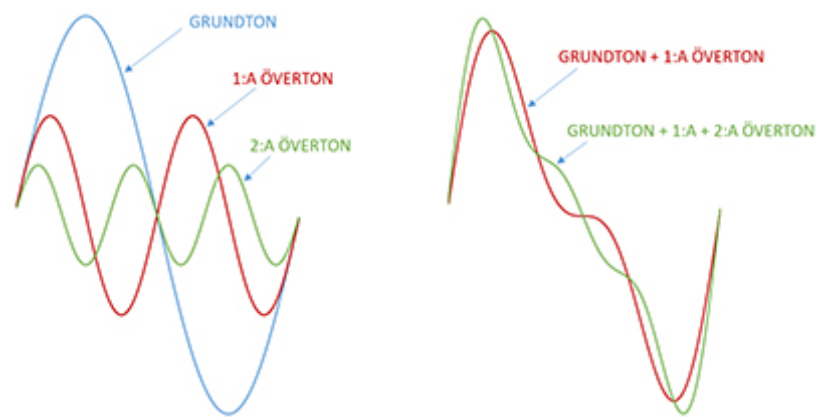
#12

11. Modulering av vinylskivor

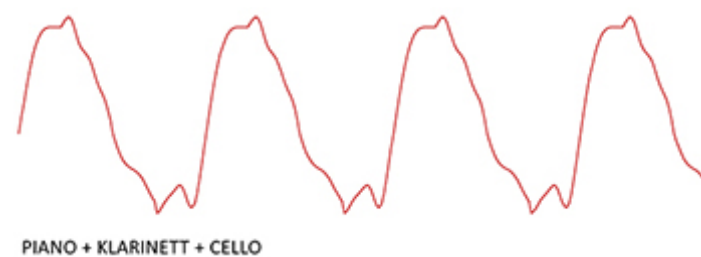
Noter som spelas på instrument är normalt en komplex sammansättning av toner och övertoner. Här är några enkla exempel;



Om vi rekapitulerar hur grundtoner ser ut när de blandas med sina övertoner;



En enkel not som spelas på tex en klarinett kan man alltså se som en kombination av en grundton med övertoner. Redan när man kombinerar en not från ett piano med en klarinett och en cello börjar moduleringen bli komplex, även om de spelas med konstant styrka;



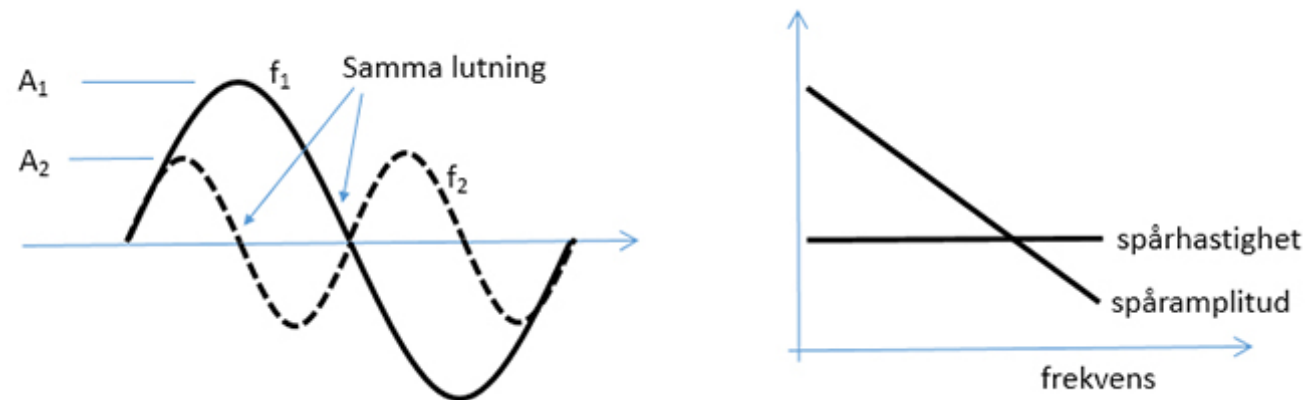
Då kan man tänka sig hur detta blir när vi kombinerar ett hundratal instrument, vart och ett med sin attack-decay-sustain-release, på olika avstånd, flera mickar och inspelningsrummets inverkan. Trots denna kaosartade blandning klanger är slutresultatet vid varje tidsenhet endast ett värde - ett akustiskt tryck som i mickarna omvandlas till

en hastighet i cm/s som omvandlas till en spänning i millivolt och som vid graveringen återigen omvandlas till en hastighet i cm/s. Spårmonstret på en LP är resultatet av den modulerings man skapar utifrån det inspelade ljudet. Spårmonstret utgörs av hastighetsvariationer i LPns plan och djup. Moduleringen görs genom att ett skärverktyg rör sig med en vinkel som varierar i förhållande till skivans rotation.



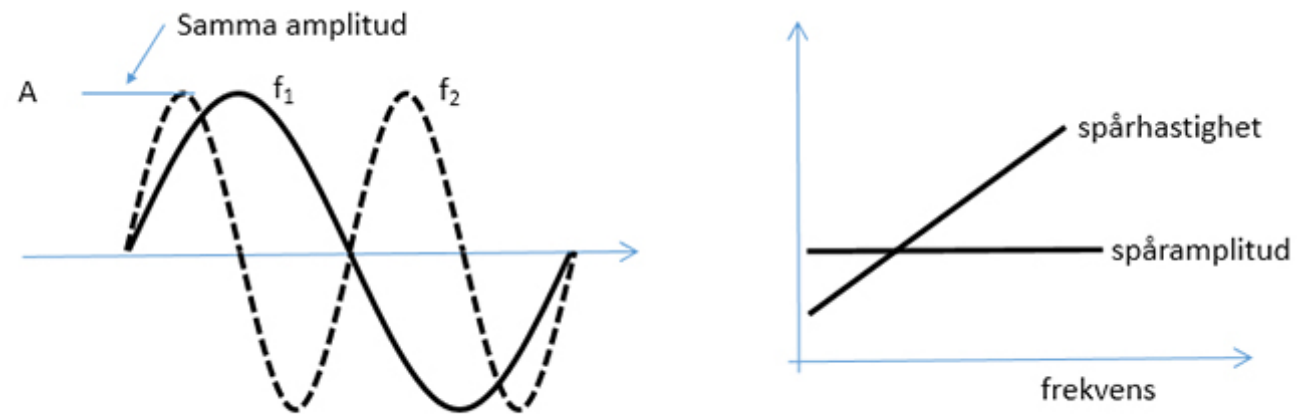
Vinylum SC-99 skärhuvud som graverar moduleringen lateralt och vertikalt tvärs rotationsriktningen. [källa: illusionofsound]

Ju brantare vinkel, desto högre moduleringshastighet. En audiosignal karakteriseras av amplitud och frekvens, och moduleringshastigheten styr både amplitud och frekvens. Audiosignalens amplitud översätts till amplitud i spårmoduleringen, medan dess frekvens översätts till *förändringstakten* i spårmoduleringen. Gravyrhuvudet (*eng. cutting head*) används dels som ett konstant-hastighets-verktyg, dvs det varierar enbart amplituden och graverar med konstant hastighet. Om man utgår från en frekvens f_1 och en amplitud A_1 och ska gravera en dubbelt så hög frekvens $f_2=2f_1$, så halverar man amplituden till $A_2=A_1/2$, vilket kan illustreras med följande figur:



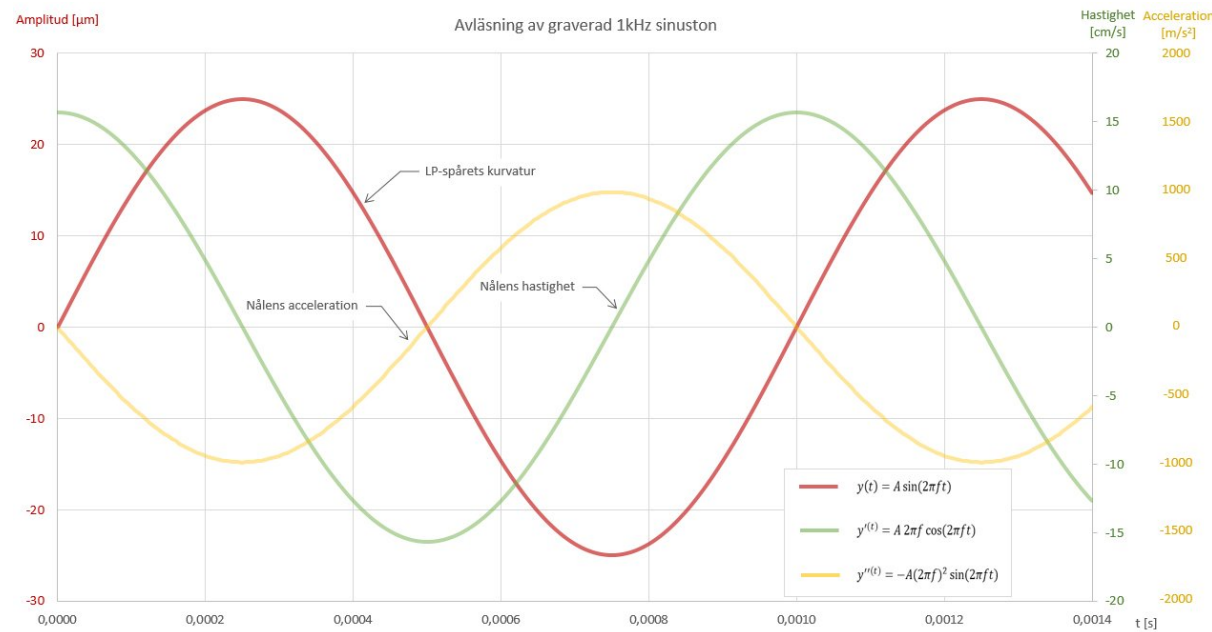
Inspelning med konstant hastighet. [källa: audioregenesis.com]

Men, gravyrhuvudet används också som ett konstant-amplitud-verktyg, dvs det varierar enbart frekvens och graverar med konstant amplitud:

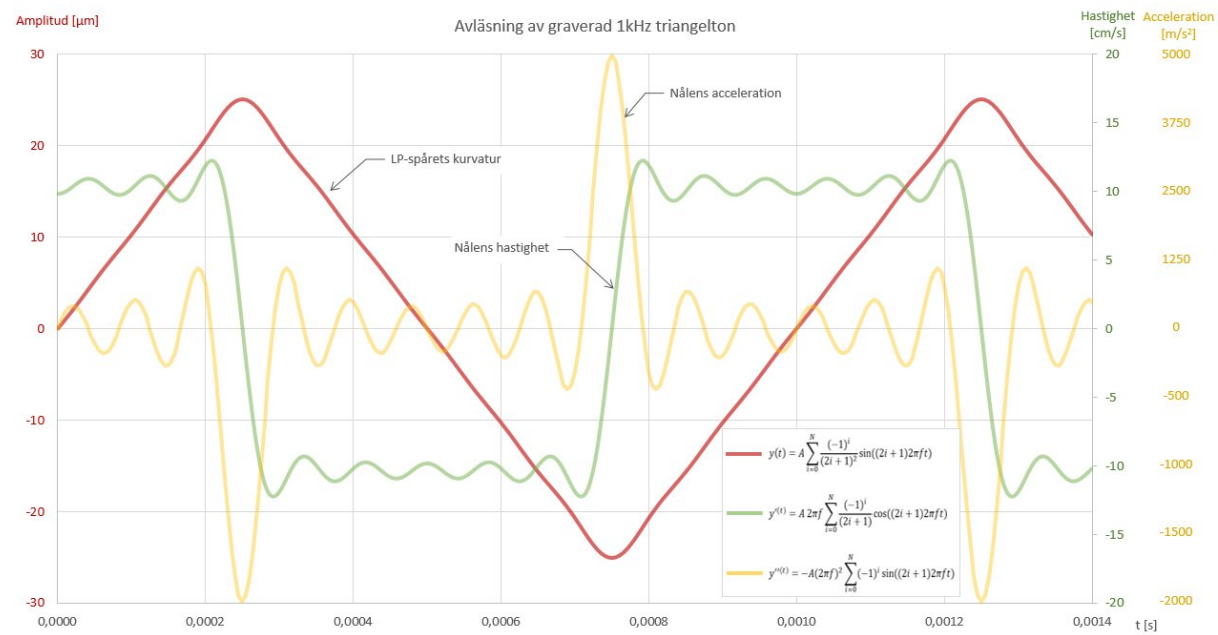


Inspelning med konstant amplitud.

Det som graveras i spåret är ju en kurvatur som i varje ögonblick har en viss förskjutning (amplitud A) i förhållande till ett nolläge. Om man graverar en ton med samma nivå så kommer förskjutningen pendla mellan $+A$ och $-A$ i en cykel som motsvarar tonens frekvens. Förskjutningen ändras enligt denna cykel varje tidsenhet. Amplitudändring per tidsenhet är det samma som hastighet. Matematiskt är förstaderivatan av förskjutning detsamma som hastighet, och andraderivatan av förskjutning är acceleration. Man kan på så sätt se sambanden mellan amplitud, hastighet och acceleration för olika vågformer om man känner till den matematiska beskrivningen för en av dem. En ren 1kHz-ton utan övertoner, dvs amplituden är sinus, hastigheten är cosinus, och accelerationen är -sinus:



Om man lägger till de 5 första övertonerna med avtagande nivå så börjar amplituden se ut som en triangelvåg, hastigheten blir en fyrkantvåg, och accelerationen blir pulser:



Grundton utan övertoner

Amplitud: $y(t) = A \sin(2\pi ft)$

Hastighet: $y'(t) = A 2\pi f \cos(2\pi ft)$

Acceleration: $y''(t) = -A(2\pi f)^2 \sin(2\pi ft)$

Grundton med i övertoner

Triangel: $y(t) = A \sum_{i=0}^N \frac{(-1)^i}{(2i+1)^2} \sin((2i+1)2\pi ft)$

Fyrkant: $y'(t) = A 2\pi f \sum_{i=0}^N \frac{(-1)^i}{(2i+1)} \cos((2i+1)2\pi ft)$

Impuls: $y''(t) = -A(2\pi f)^2 \sum_{i=0}^N (-1)^i \sin((2i+1)2\pi ft)$

Innan signalen skickas till gravyrhuvudet har den riaa-modifierats, vilket innebär att basamplituder kan göras motsv 20dB lägre och diskantamplituder 20dB högre, allt enligt riaa-kurvan (se avsnitt 9 samt nedan). Riaa-modifieringen medför att man använder konstant-hastighets-modulering upp till 50Hz samt mellan 500 och 2122Hz. Mellan 50 och 500Hz samt över 2122Hz används konstant-amplitud-modulering.

Detta är grundprinciperna för modulering. Därutöver har graveringselektroniken vidareutvecklats så att en inspelning kan analyseras och optimeras. Man utnyttjar då spårutrymmet maximalt genom att variera hastigheten och/eller amplituden (inom riaa-kurvans brytfrekvenser) för att ge mesta möjliga dynamik för en LP-sida. Ett exempel på en mycket väl optimerad graving är *I've Got The Music In Me* med *Thelma Houston & Pressure Cooker, Sheffield Lab LAB-2*. Denna direktgraverade LP sägs vara inspelad med hastigheten 40cm/s.



Thelma Houston & Pressure Cooker, Sheffield Lab LAB-2.

Men vad är egentligen modulering på en LP? Som beskrevs översiktligt i avsnitt 2 så är en pickup inget mer än en enkel dynamo. Om u [V] är den inducerade spänningen, Φ [Vs] är det magnetiska flödet och n antalet lindningar på spolen, så gäller att spänningen är flödesändringen per tidsenhet för varje varv på spolen multiplicerat med antal varv enligt Faraday's induktionslag:

$$u = -n * \frac{d\Phi}{dt} \text{ och } \Phi = B * A, \text{ där det magnetiska flödet är produkten av den magnetiska flödestätheten } B \text{ [Tesla=Wb/m}^2\text{=Vs/m}^2\text{]} \text{ och lindningstrådens}$$

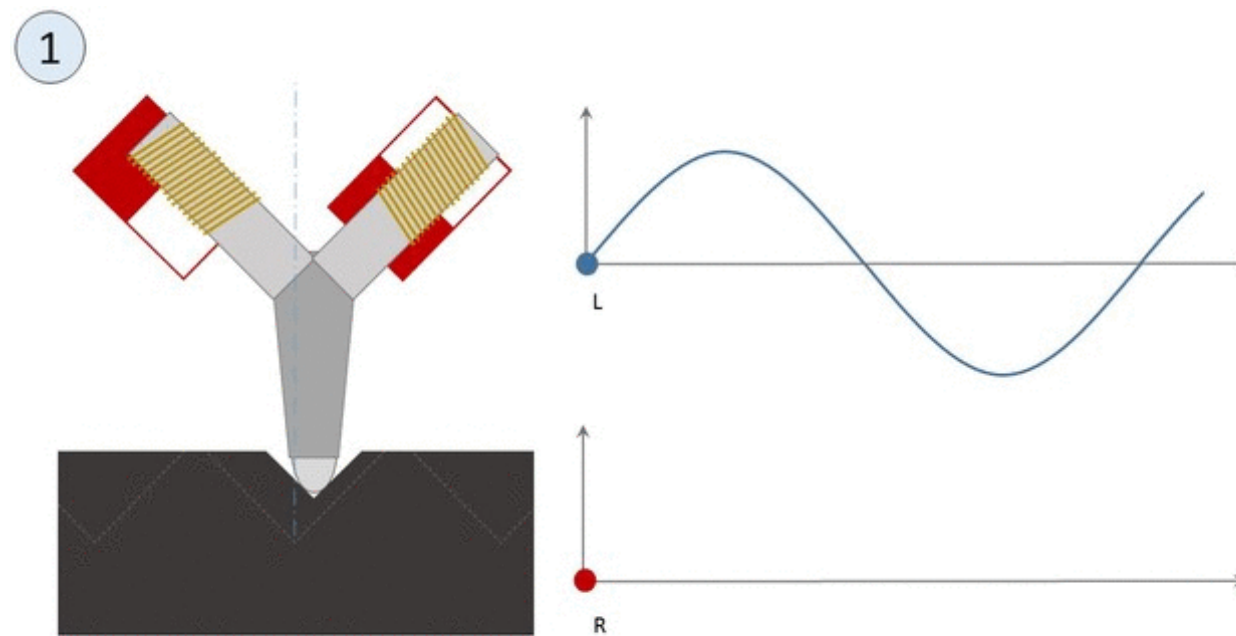
tvärsnittsarea A [m²]. Utspänningen är således direkt kopplad till nålens hastighet i generatoren, så att:

$$u = Blv$$

Den grundläggande moduleringsmetoden för vinyl är alltså att nålens hastighet är proportionell mot spänningens vågform. Det innebär att när man spelar moduleringen med en pickup så ger det rätt vågform direkt som en elektrisk signal. Detta är en sanning med modifikation, för det krävs en hel rad av hänsynstaganden. Det är inte bara att karva loss från en mix. Som vi sett i avsnitt 2 så får inspelad hastighet inte vara större än spårhastigheten eftersom skärverktyget då skär sönder sitt eget spår. I basen måste man begränsa amplituden (och därmed hastigheten) för att få in tillräckligt med speltid, och i toppen måste krökningsradien (och därmed hastigheten) vara mindre än nålslipningens radie. Även R1aa-korrektion, som beskrevs i avsnitt 9, är en modifiering som innebär att signalen måste bearbetas innan den förstärks.

Ett omodulerat spår har en max spårbredd 80µm (enligt EIA Standard RS-211-A). Minsta spårbredd för att förhindra urspårning vid maximal uppåthastighet är 25µm, vilket ger möjlig variation 80-25=55µm. Spårdjupet är halva spårbredden, så amplituden för spårdjup ska ligga inom 40+/-28µm.

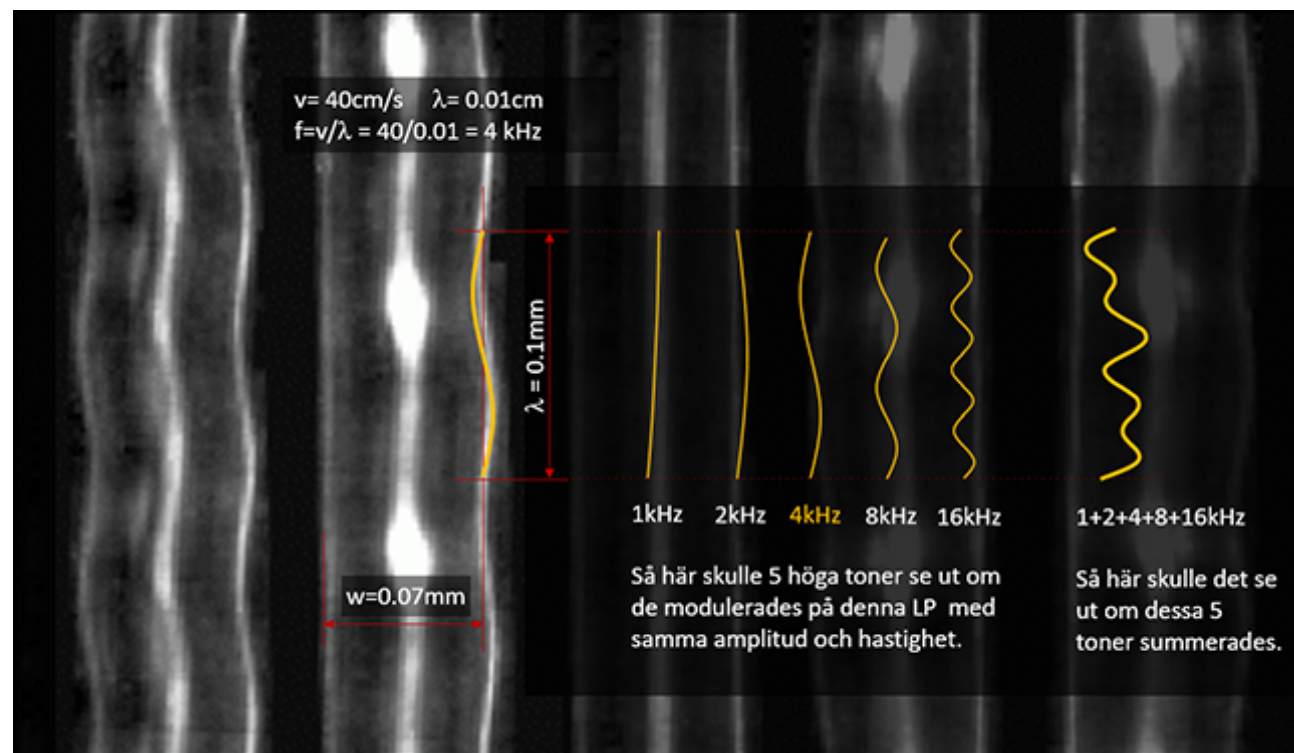
Vertikal modulering (VM) följer signalens frekvens och amplitud i vertikalplanet med konstant spåravstånd. Denna gravering används inte enskilt längre. *Lateral modulering (LM)* följer signalens frekvens och amplitud i horisontalplanet med konstant spårdjup. Denna gravering används enskilt men bara vid monogravering. *Flankmodulering (FM)* följer signalens frekvens och amplitud genom att variera både spåravstånd och spårdjup, och är den metod som används idag vid stereogravering. Om vänster och höger kanal är i fas, så skär verktyget enbart lateralt. Vid 180grader fasskillnad (vä och hö kanal i motfas) skär verktyget enbart vertikalt. Ju större fasskillnad desto mer vertikalmodulering, och ju mer mono desto mer lateralmodulering. Om moduleringen är 45° resp -45°, så kommer endast höger resp vänster spole att generera output. Följande animering sammanfattar grundfallen för modulering:



Några grundfall vid modulering: 1 Modulering vänster kanal. 2 Modulering höger kanal. 3 Lateral modulering. 4 Vertikal modulering.

Eftersom bas kräver störst spåryta ($A = v/2\pi f$) så graverar man efter riaa-kurvan som sänker basen med 20dB och höjer diskanten med 20dB (skillnad i spänningsförstärkning 100:1 !). Men, man kan också utnyttja spåren bättre genom att summera basen till mono, vilket innebär att man inte behöver skära så djupt och då kan öka lateral amplitud. Bas är ju inte så riktningskänslig. Om man summerar allt under 100 Hz så har man frigjort lite μm som kan användas till dynamik.

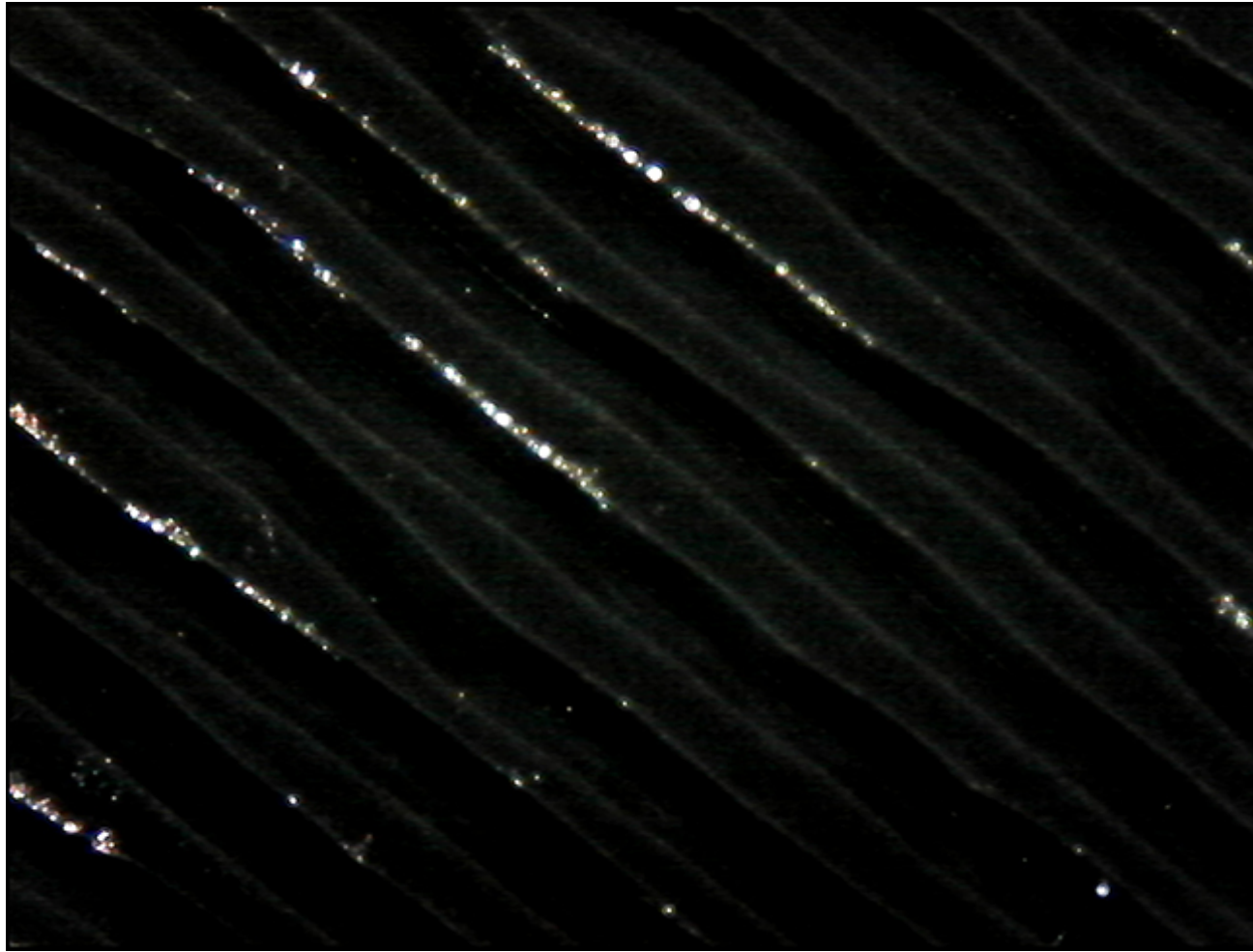
I nedanstående spår har vi ritat på ett mikroskopfoto av en LP. Första spåret från vänster är modulerat i både vänster och höger kanal (ser ut som ren lateral modulering). Andra spåret är endast modulerat i höger kanal. Antag att spårhastigheten är 40cm/s och spårbredden är 0.07mm. Då kan man mäta våglängden för den till synes rena tonen i höger kanal. Vi ritar in måtten i figuren och kan se att det ser ut som en ren 4kHz-ton i höger kanal.



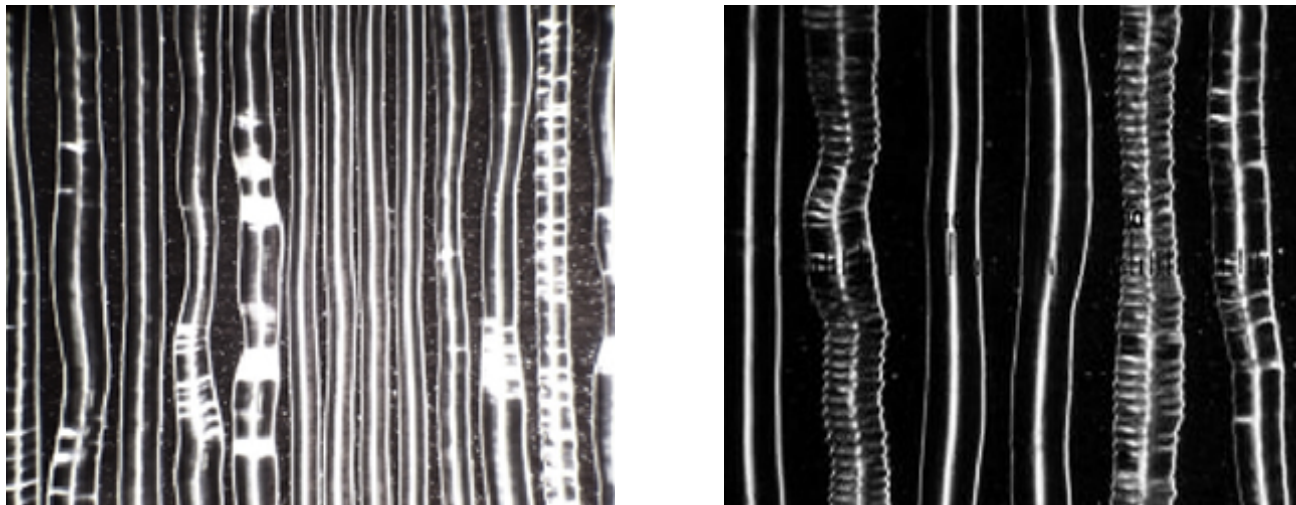
Geometriskt utseende av graveringen i spår på LP. Mikroskopbild lånad av Scott Hull från Sessionville.

Till höger i figuren har vi ritat in hur några andra höga frekvenser skulle kunna se ut om de modulerades på samma sätt. Det är väldigt svårt att urskilja lågfrekvent modulering från foton, eftersom tonernas våglängder är flera cm långa, och bilder på spår är max någon mm. Här ser vi lite tendenser på en 12-tummare av **Anna von Hauswolff** där hon

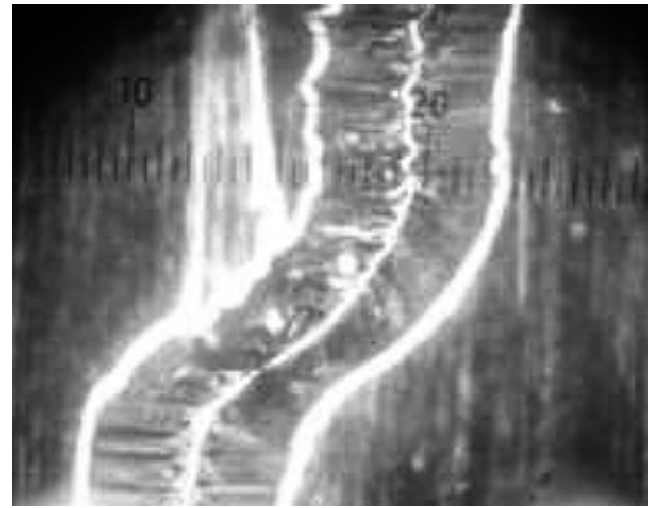
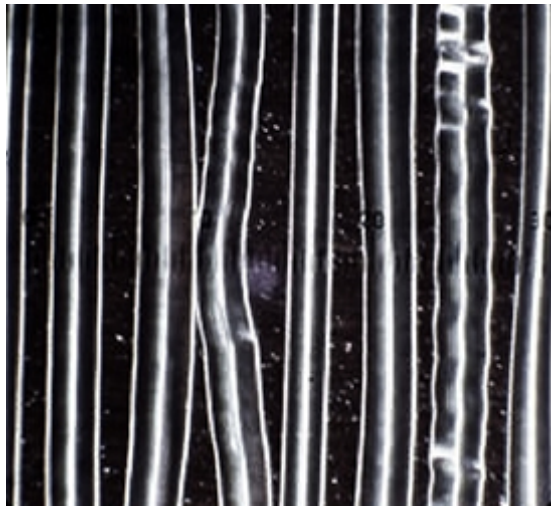
spelar piporgel;



Anna von Hausswolff - Källan (Betatype).

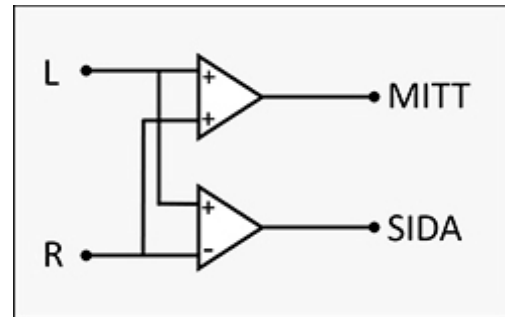


Förstoring av spår: Till vänster en samling väl avpassade spår med optimalt spåravstånd. Till höger spår med högfrekvent modulering och höga hastigheter. Bilder: J. Audio Eng. Soc., Vol. 62, No. 7/8, 2014 July/August. JJ Golden.



Till vänster exempel på "kissing grooves", på gränsen att spåren skär i varandra. Till höger ett mycket svårspelat spår som kommer från ett kanonskott i 1812-overtyren. Bilder: J. Audio Eng. Soc., Vol. 62, No. 7/8, 2014 July/August. Cameron Henry och JJ Golden.

Som vi sett ovan så moduleras inte vänster och höger kanal, utan en mittsignal och sido- eller differenssignal. Mittsignalen, dvs lateral modulering (LM) utgör den amplitud- och frekvenssammansättning som är lika i båda kanaler (mono). Sidosignalen, dvs vertikal modulering (VM) är en gravering av skillnaden mellan höger och vänster signal. Vänster- och högerkanalerna från mastern matas till mitt- och sidosignaler schematiskt såhär:

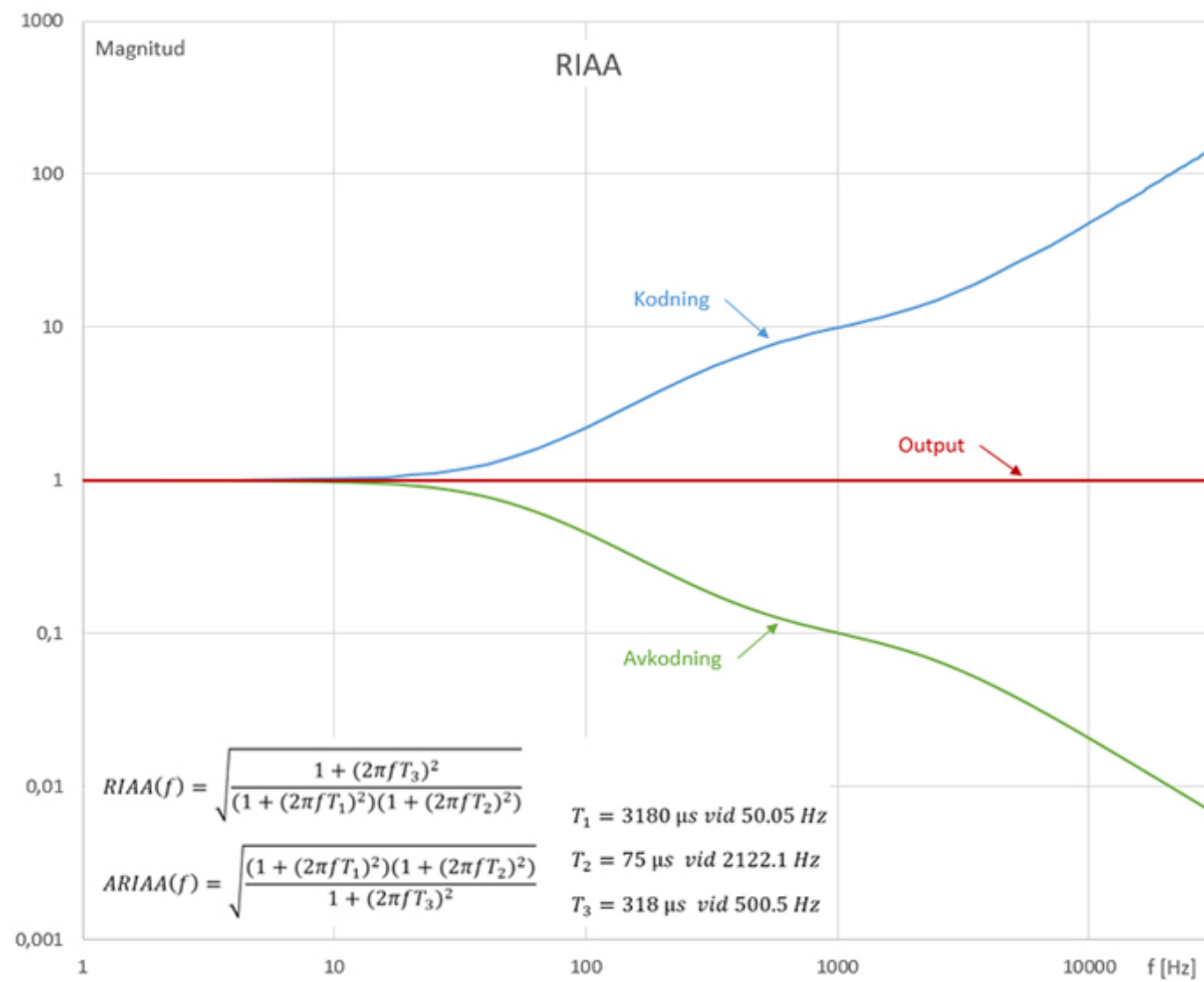


För att återskapa stereo med samma nivå beräknas signalerna som:

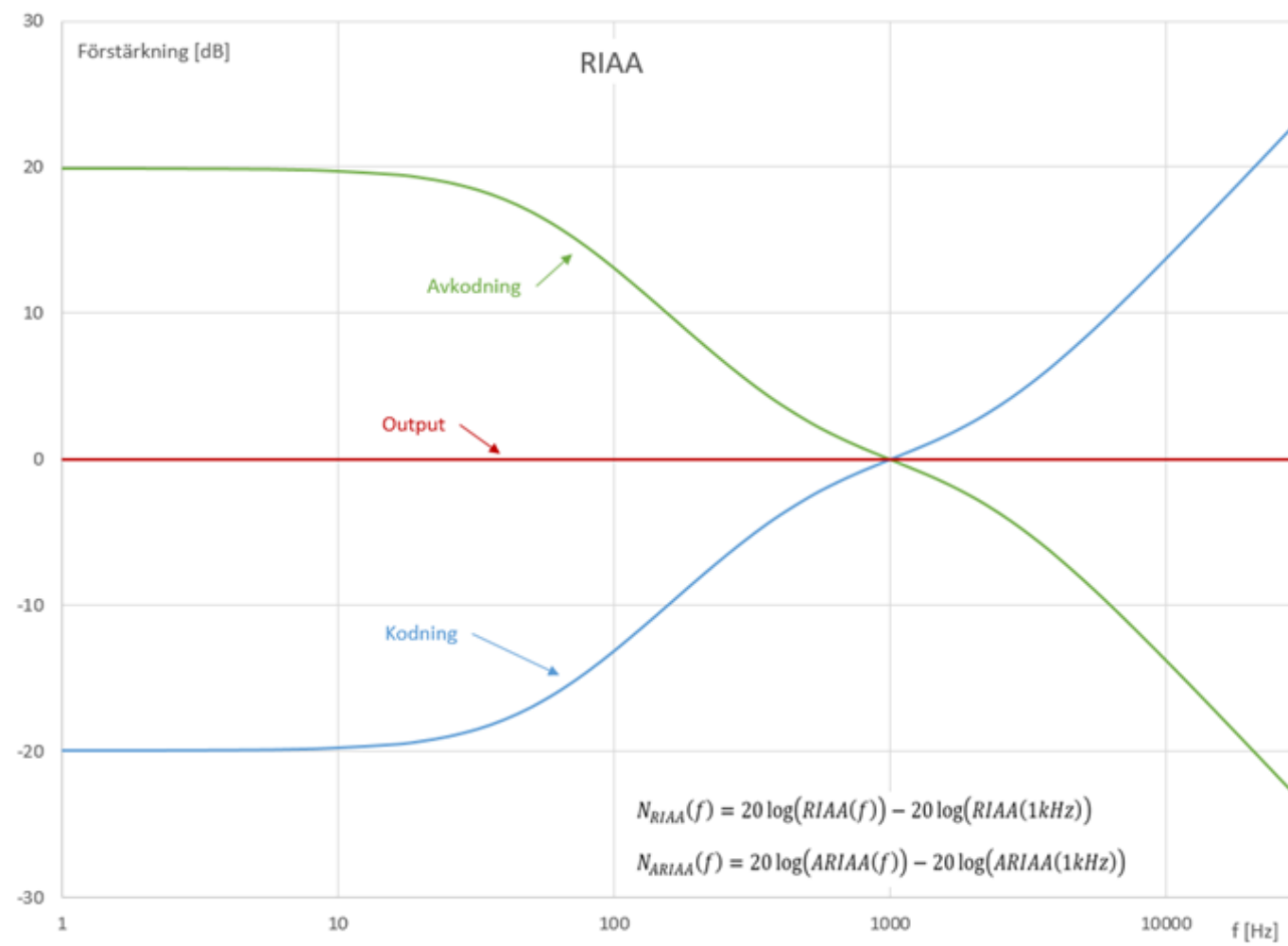
Vänster kanal = mitt + sidosignal - 3dB

Höger kanal = mitt - sidosignal - 3dB

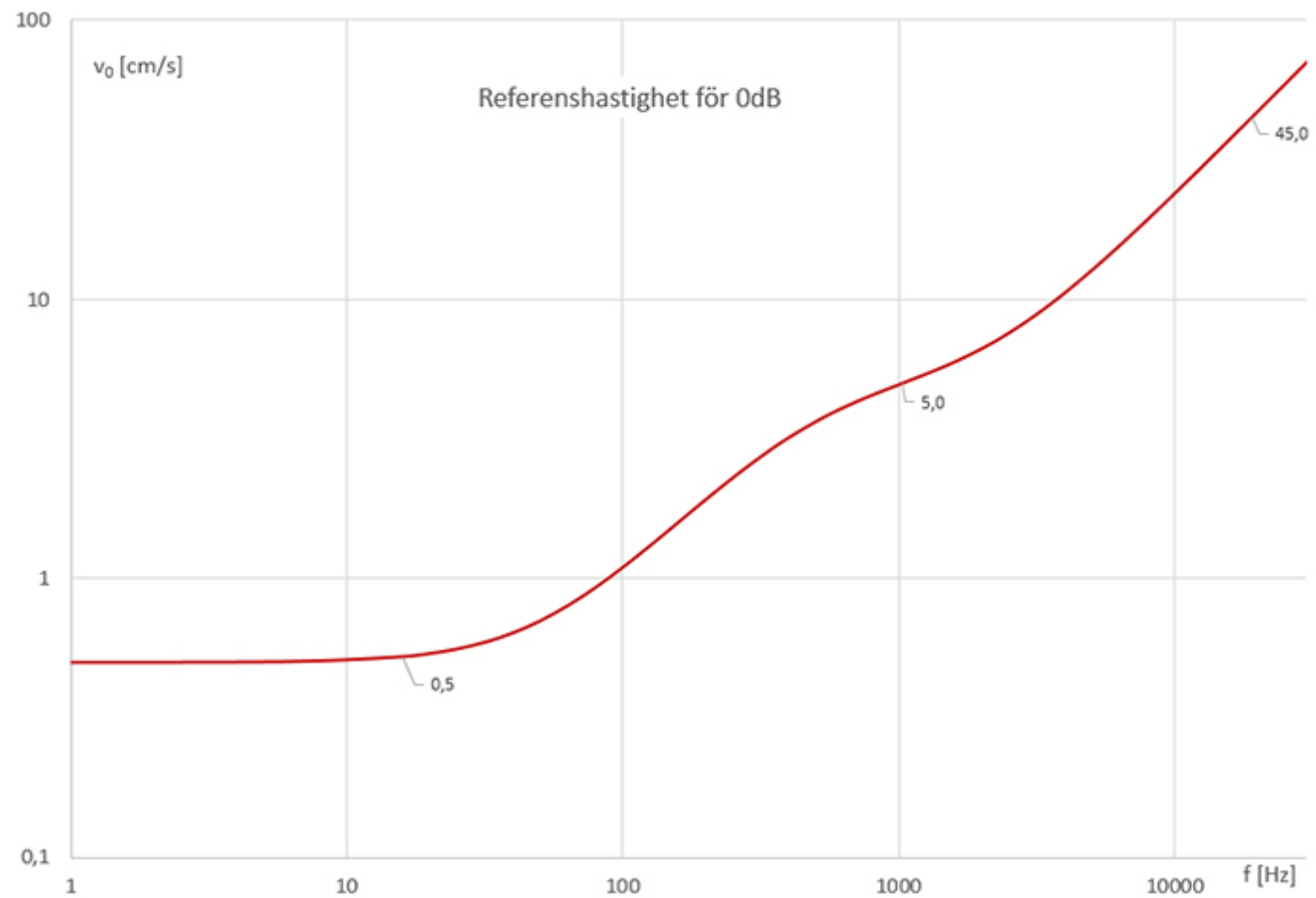
Riaa-kodning och avkodning är en ganska komplex process för att åstadkomma en rak output från phono-förstärkaren. Kodningen (*riaa*) och avkodningen (*anti-riaa* eller *ariaa*) definieras matematiskt av RIAA och DIN 45535/6 och ser ut enligt följande:



Uttryckt i dB:

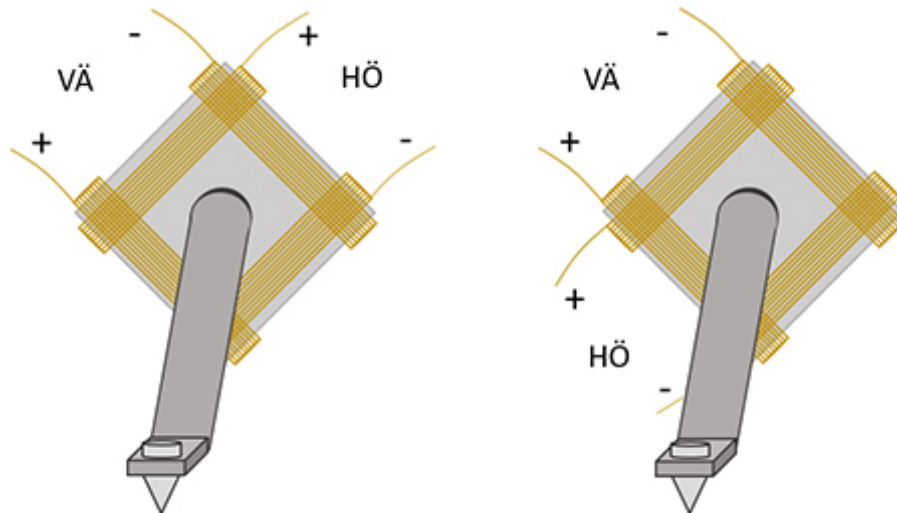


Enligt beskrivning tidigare i detta avsnitt så varieras både hastighet och amplitud för att optimera utrymmet på en LP. Men för att kunna jämföra specar för tex pickuper så behövs en konvention för vad som är referensnivå. Konventionen för LP är bestämd utifrån den laterala moduleringshastigheten; *0dB referensnivå skall korrespondera mot en maxhastighet 5cm/s för en 1kHz sinuston*. Om man kombinerar detta med riaa-kodning så kan man beräkna 0dB referensnivån som en funktion av frekvens:



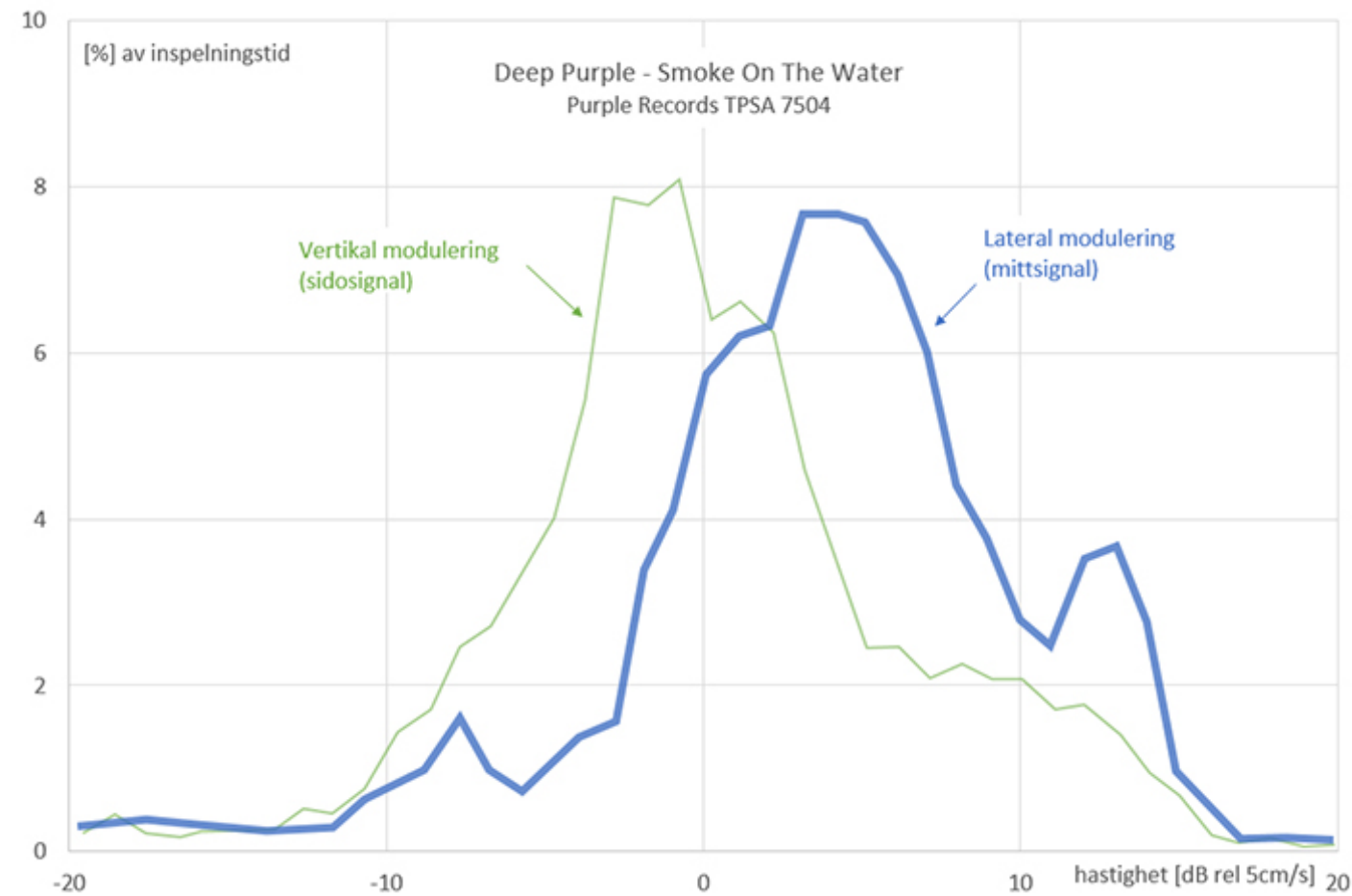
Referenshastighet för 0dB. Man kan säga att detta är signalen från en LP med vitt brus innan riaakorrigerig. Det krävs alltså ca 45cm/s peak moduleringshastighet vid 20kHz, och bara 0.5cm/s vid 50Hz för att få 0dB.

ZYX är en av pickuptillverkare som har adresserat just modulerings inverkan på tidseffekter i pickupens generator. Eftersom lateral modulering är den fasriktiga delen av signalen så bör spolens lindning vara elektriskt symmetrisk kring horisontalplanet. Bilden nedan till vänster är ett vanligt utförande för spolens lindning, men där följer ju faktiskt lindningen den mekaniska antifasen (vertikal modulering).



Till vänster en osymmetrisk lindning. Till höger en lindning som är symmetrisk med lateral modulering.

Sammanfattningsvis: Allt vi hör i en hifi-anläggning baseras på en enda parameter - hastighet. Den inspelade musiken moduleras och graveras och det enda som läses av i pickupens generator är ett enda värde per tidsenhet, och detta värde är en hastighet. I följande figur ser vi hur stor andel av olika spårhastigheter som *Smoke On The Water* har modulerats med. Spåret spelades in av **Jim Lesurf** och delades upp i 0.1 sek-bitar, där han kunde läsa av maxhastigheten för varje bit. Antalet bitar i varje hastighet ger en fördelning i ett histogram:



Hastighetsfördelning för ett välkänt spår på LPn Machine Head, uttryckt i dB relativt 5cm/s. 20dB motsvarar således 50cm/s. [Källa: Audio Miscellany]

Peo

Posted April 2, 2017

#13



Artikelgruppen
 + 346
 652 posts

12. Elektromekanisk betraktelse av vinylspelare

Man kan *koppla ihop* mekaniska och elektriska beräkningsmodeller med hjälp av olika analogier. Varför skulle man vilja göra det? Jo, det är ju spolarnas rörelse i förhållande till magneterna (eller tvärtom) som skapar den elektriska signalen i form av en svag utspänning. Den hastighet som vinylspåret påtvingar spolarna (magneterna) för varje tidsenhet är det enda som skapar vad vi hör i högtalarna. Pickupens och tonarmens mekaniska egenskaper är vad som avgör kvalitén på denna delikata utspänning.

Vid konstruktion av pickuper behöver man därför ett samband mellan nålens hastighet och den utspänning detta genererar i motorn. Sambandet formuleras som:

$$u = Tv \quad \text{där} \quad T = \frac{NkE}{\mu_0 AR(R + R_M)}$$

T är den *elektromekaniska kopplingsfaktorn*, alltså det man normalt kallar pickupens känslighet (som berördes i avsnitt 2). N är antal varv på spolen, k är en vektorsoperator, E är elektromotoriska spänningen, μ_0 är vakuumpemreabiliteten, A är kretsens tvärsnittsarea, R och R_M är reluktans som beror på material- och geometriegenskaper för magneten. Med detta samband kan man studera pickuper enskilt med avseende på tex spårningsförmåga och linjäritet. Men som syns finns det inga mekaniska variabler i detta samband.

För att kunna bedöma hur de mekaniska egenskaperna spelar in i kretsen så behöver man studera dem ihop med de elektriska egenskaper som de genererar ihop med kablage, stepup och riaa. Någon form av analogi är lämplig och de vanligaste metoderna är impedansanalogin och mobilitetsanalogin. Båda ger liknande resultat och det är mer en fråga

om hur väl man ser analogin för olika tillämpningar. I vårt fall med en pickup + stepup är nog mobilitetsanalogin bäst lämpad.

I följande beskrivning kommer vi bara använda analogi för att beskriva de mekaniska delarna i pickup och tonarm, men det finns inget som hindrar att även lyfta in drivverk, rack och övriga apparaters (elektromekaniska) påverkan. I verkligheten sker nålförskjutning i både x- och y-led och vi har två kanaler. Vi väljer att bara studera y-led och en kanal. Av pedagogiska skäl börjar vi med pickupen, och bygger på efterhand med övriga komponenter.

MODELL AV PICKUP

Den elektromekaniska delen i en pickup består i vårt fall av en massa, en fjäder och en dämpare. Alla tre är kopplade till den påförda kraften F . För en stelkropp som rör sig motverkar dess massa m acceleration a så att:

$$F = m * a$$

Kraften i en ideal linjär fjäder med fjäderstyvhet k är kopplad till förskjutningen y så att:

$$F = k * y$$







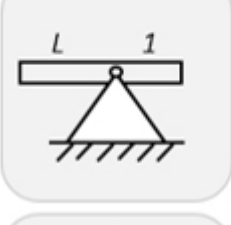



Kraften i en ideal viskös dämpare med dämpkonstant c_m motverkar hastighet v så att:

$$F = c_m * v$$

Som vi sett tidigare kan hela systemet kombineras så att: $F = m * a + c_m * v + k * y$

Mobilitetsanalogi

Med mobilitetsanalogin antar man att kraften F likställs med strömstyrkan I och hastigheten v likställs med spänning u . Följande element krävs för att omföra mekaniska komponenter till elektriska:

Mekaniska symboler	Elektriska symboler	
		<p><u>Kapacitans</u> Massa blir kondensator. $F = m * a \quad \leftrightarrow \quad I = C * \frac{du}{dt}$</p>
		<p><u>Induktans</u> Fjäder (komplians = 1/k) blir spole. $F = k * y \quad \leftrightarrow \quad I = \frac{1}{L} * \int u(t)dt$</p>
		<p><u>Resistans</u> Dämpare blir motstånd (konduktans G = 1/R). $F = c_m * v \quad \leftrightarrow \quad I = \frac{1}{R} * u(t)$</p>
		<p><u>Transformatorn</u> En hävarm blir en transformator genom ren skalning L:1.</p>
		<p><u>Generatoren</u> Har funktion som transducer att omvandla rörelse- till elektrisk energi, dvs en hastighet omvandlas till en spänning. $\begin{bmatrix} i \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ F \end{bmatrix}$</p>

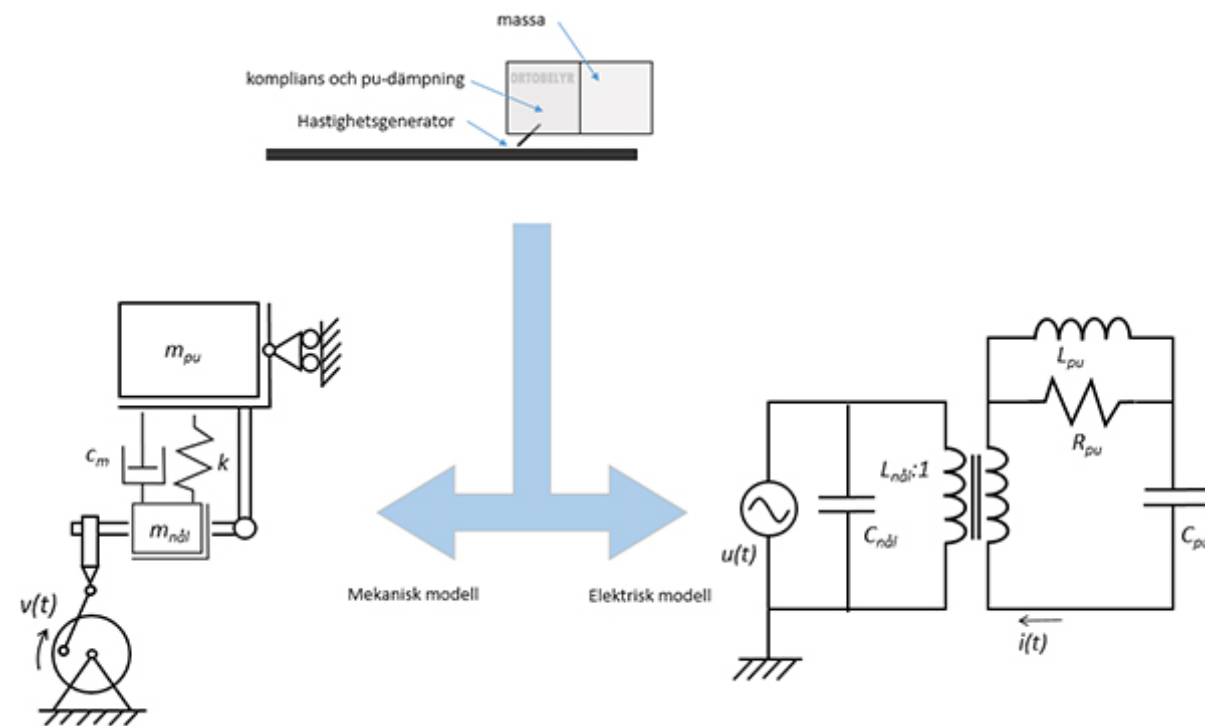
Eftersom kretsen exciteras med en hastighetsgenerator så måste rörelseekvationen inverteras och blir då på formen:

$$\frac{1}{m_{EFF}} \int F dt + \frac{F}{c_m} + \frac{1}{k} \frac{dF}{dt} = v(t)$$

Och gör vi likadant med en RLC-krets så blir det på formen:

$$C \int i dt + Ri + L \frac{di}{dt} = u(t)$$

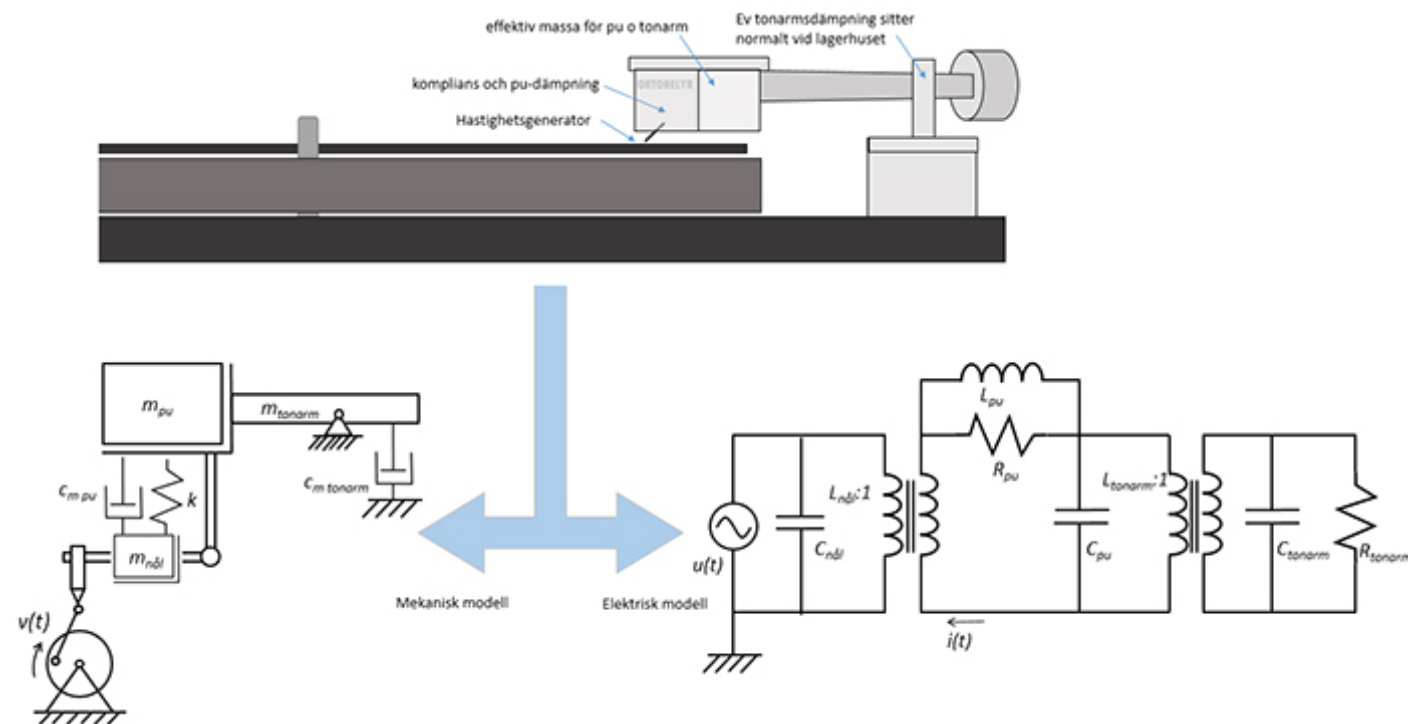
Med denna analogi kan alltså en mekanisk *massa-fjäder-dämpare*-modell som påförs en kraft likställas med en elektrisk *kondensator-spole-motstånd*-modell som genererar en spänning. På så sätt kan man integrera den mekaniska delen i en elektrisk modell för att studera vad som händer elektriskt mellan nål och riva. **Efter allt slit och finlir med inställningar för spelaren är det ju trots allt kvalitén på den elektriska signalen till vårt förstärkeri som vi är intresserade av.** I vårt fall blir den mekaniska generatoren en enkel RLC-krets. Vi antar att vi studerar en monosignal, så hastigheten har bara en riktning (frihetsgrad), och spänningen genereras bara för en kanal:



Till vänster en mekanisk massa-fjäder-dämpare som genererar en hastighet och till höger en analogi med en elektrisk kondensator-spole-motstånd som genererar en spänning. Både input och output är tidsfunktioner.

MODELL AV PICKUP OCH TONARM

Den elektromekaniska delen i en tonarm består av pickupens, tonarmens och motvikternas effektiva (balanserade) massa och eventuell dämpning. I vår analogi översätts m_{pu} , m_{tonarm} till kapacitanser c_{pu} och c_{tonarm} ihop med en transformator som ger utväxling i förhållande till massornas hävarmar. Tonarmens dämpning $c_{mtonarm}$ läggs till i kretsen som ett separat motstånd R_{tonarm} .

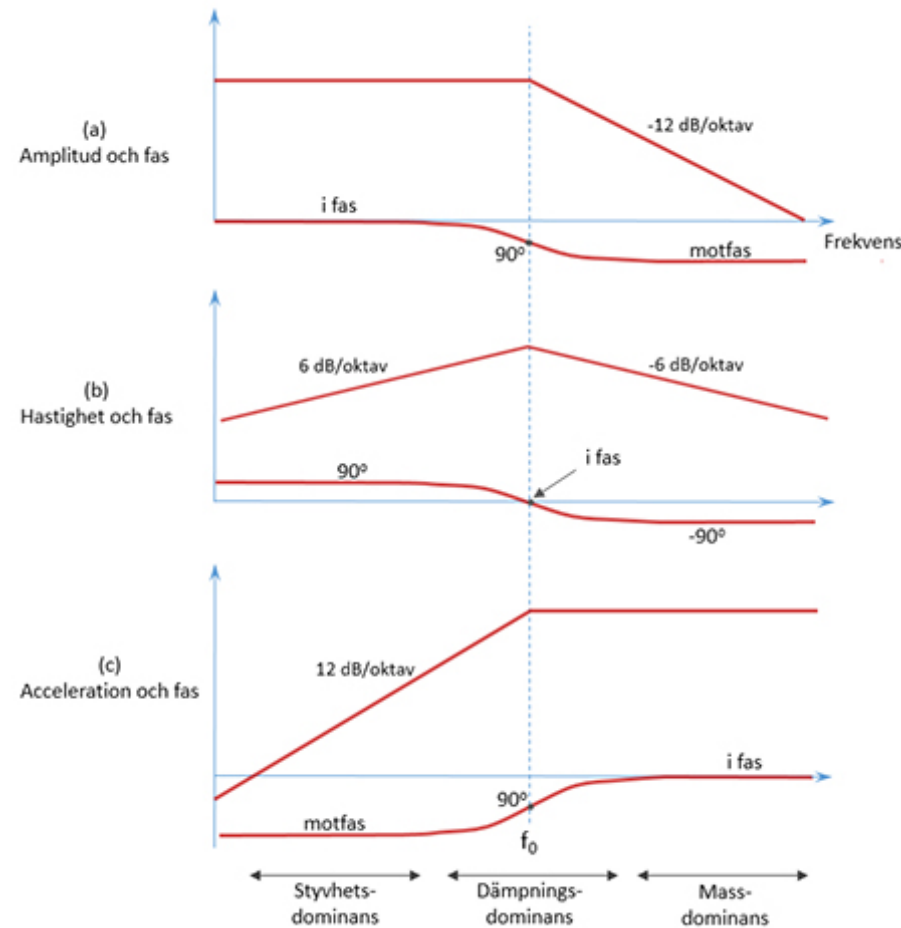


Här har tonarmens effektiva massa adderats till kapacitansen, och ev tonarmsdämpning (exvis oljebad) har adderats som ett parallellkopplat motstånd.

MODELL AV HELA KRETSEN

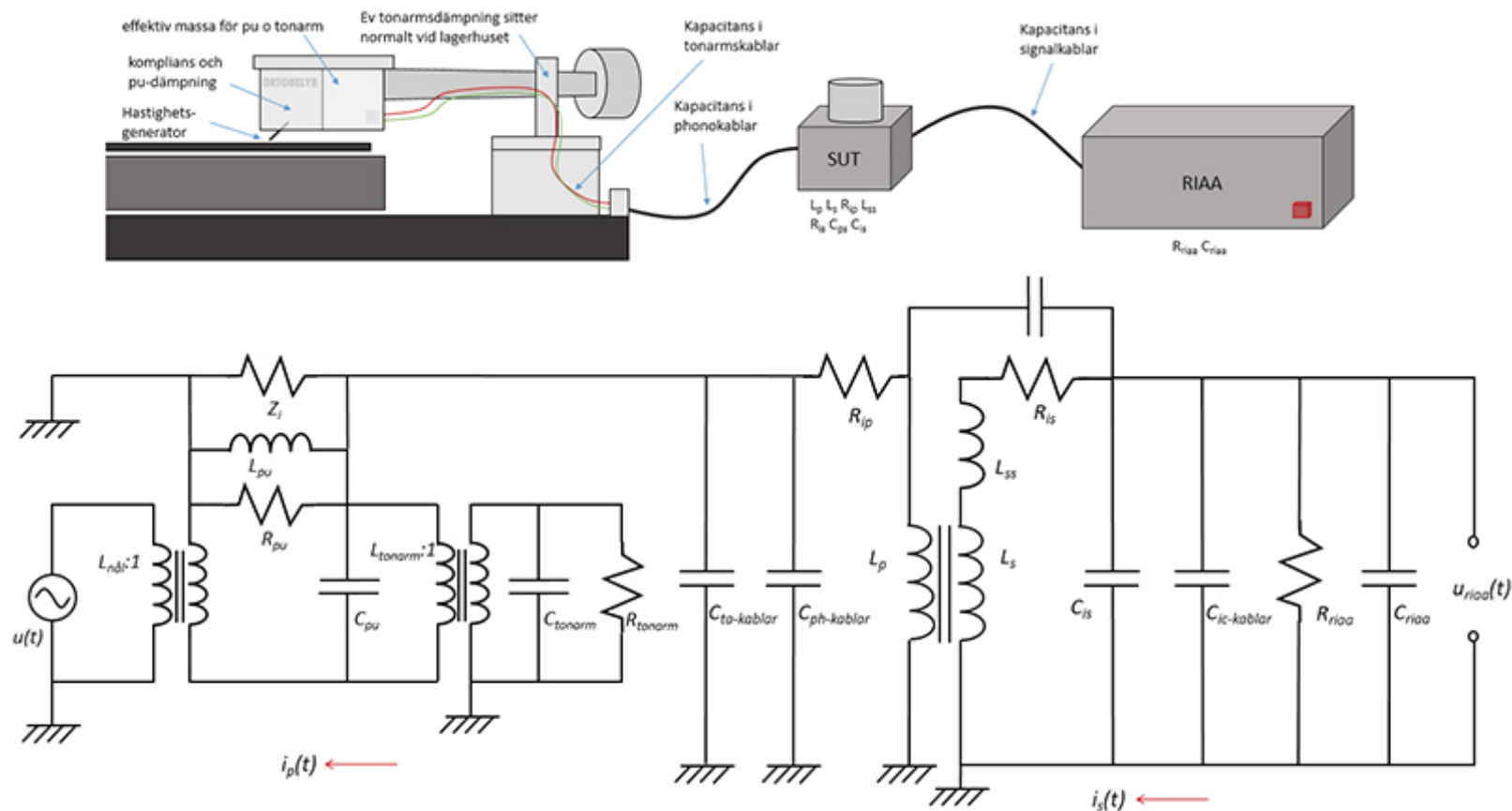
För att tillämpa analogin måste varje punkt i den mekaniska modellen beskrivas som en del i den elektriska kretsen. Dämpare blir motstånd, fjädrar blir spolar och massor blir kondensatorer. Källor måste också transformeras. Påförd hastighet blir strömkälla, och påförd kraft blir spänningskälla.

Om hela kretsen vore perfekt så skulle den ge en jämn förstärkning med samma fas i hela frekvensområdet. Hur man än väljer mekaniska och elektriska komponenter så kommer det inte att ske. Komponenterna påverkar förstärkning och försvagning på olika sätt pga resonans och dämpning i den elektriska kretsen. Man får inte heller glömma att vi har idealiserat både fjädrar, dämpare och geometrier. I verkligheten är kompliance inte linjär, dämpningen är inte viskös och geometrin är inte felfri, glapplös osv, och de elektriska komponenterna håller inte sina specar. Felen i dessa förenklingar kan vara betydande. Om man tänker sig att input vore sinustoner med samma amplitud, så illustrerar följande bild hur amplitud, hastighet, acceleration och fas kan variera med frekvens beroende på val av de mekaniska och elektriska komponenternas egenskaper:



Förhållande mellan amplitud, hastighet, acceleration och fas för en sinusformad rörelse.

Resonanta system som har output i frekvensområde (exvis pickuper, högtalare, bilar, tvättmaskiner) kommer alltså ge olika output i olika frekvensområden. Under resonansfrekvensen för stelkroppen (massa-fjäder-dämpar-systemet) så behövs det väldigt lite kraft för att accelerera massan. Kraften som behövs för att deformera fjädern är större. Därför kallas denna region styvhetsdominerande. Omkring resonansfrekvensen är dämpningen helt dominerande. Över resonansfrekvensen så kommer masströgheten vara större än fjäderstyvheten, varför denna region kallas massdominerande. Hur som helst så har vi här ett så gott det går-schema på kretsen mellan nål och riaa:



Schema som visar ena kanalen för hela kretsen mellan nål och riaa. Här har vi bortsett från nålarmens massa $C_{nål}$.

SIMULERING

För att kunna kvantifiera de mekaniska komponenterna ihop med de elektriska så måste vi bestämma storleken på konding, spole och motstånd utifrån massa, fjäder och dämpare. **Kennelly** och **Pierce** upptäckte redan 1912 ett fenomen som de kallade *motional impedance*. De mätte ändringen i impedans för telefoner över frekvensbandet när membranet i telefonen var fritt resp klämdes med ett finger. Fenomenet beskrevs matematiskt av **Hunt** 1954.

För att få ihop detta måste vi även blanda in gubbarna **Lenz**, **Faraday** och **Lorentz**.

$F = Bli$ [N] som säger att när en strömförande ledare placeras i ett magnetfält utsätts den för lorentzkraft som är flödestätheten B [Wb/m²] gånger längden på ledaren [m] gånger strömstyrkan [A].

$E = Blv$ [V] som säger att när en ledare rör sig över ett magnetfält påverkas elektronerna i ledaren så att en spänning induceras i ledaren som är B -fältet gånger längden på ledaren gånger hastigheten [m/s] som ledaren rör sig med.

$F = Zv$ [N] där Z är mekanisk impedans [Ns/m] och utgör ett mått på hur en struktur står emot rörelse när den utsätts för en harmonisk kraft.

Den mekaniska impedansen är en komplex matris där den reella delen utgörs av resistans och den imaginära delen utgörs av reaktans:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_R} + \frac{1}{Z_L} = j\omega C + \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L}$$

Kombinera dessa samband och jämför de elektriska komponenterna med de mekaniska:

$$E = Bl \frac{F}{Z} = B^2 l^2 \frac{i}{Z} = B^2 l^2 \left(j\omega C + \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} \right) i$$

$\updownarrow \quad \updownarrow \quad \updownarrow$

Rörelseekvationen:

$$F = ma + c_m v + ky = \left(m\omega + c_m + \frac{k}{\omega} \right) v$$

$\left. \begin{array}{l} m\omega = B^2 l^2 j\omega C \\ c_m = B^2 l^2 \frac{1}{R} \\ \frac{k}{\omega} = B^2 l^2 \frac{1}{j\omega L} \end{array} \right\}$

Den elektromekaniska kopplingen utgörs alltså av $B^2 l^2$ så att:

$$R = \frac{B^2 l^2}{c_m} \quad [\Omega]$$

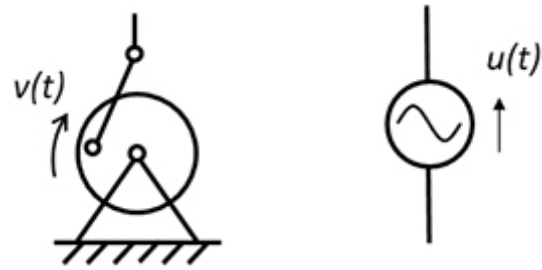
$$C = \frac{m_{EFF}}{B^2 l^2} \quad [F]$$

$$L = \frac{B^2 l^2}{k} \quad [H]$$

De elektromekaniska komponenterna R , C och L kan nu användas i en komplett kretsmodell, och de elektriska effekterna av olika mekaniska egenskaper kan simuleras.

DISCLAIMER ANGÅENDE MODELL AV LP

Det är en förskjutning och inte en kraft som påförs nålen, och därför använder vi Beraneks hastighetsgenerator i stället för en kraftgenerator:



Till vänster mekanisk hastighetsgenerator, till höger symbol i mobilitetsanalogin.

Pickupen undergår en slags konstant jordbävning kan man säga, där denna hastighetsgenerator skapar en kraft medan den pulserar mellan kinetisk och potentiell energi. Nollläget är kraften när man spelar ett omodulerat spår, dvs det statiska nåltrycket. Nåltrycket behövs eftersom om det skulle inträffa att den pulserande kraften blir större än nåltrycket så lyfter nålen från spåret alternativt bottnar i upphängningen. *Moduleringskraften* måste alltså alltid vara mindre än nåltrycket. Som vi beskrev i avsnitt 8 så kan detta kriterie äventyras vid tonarmsresonans.

Arthur C. Keller (som gjorde den första stereoinspelningen) och därefter **Lawrence Fleming** studerade spårningsegenskaper för mono- resp stereopickuper. De visade att kraften (nåltrycket) måste vara större än produkten av vibrationshastigheten och den mekaniska impedansen som nålen visar för LPn. Den mekaniska impedansen är en funktion av frekvens, effektiv massa, dämpning och komplians. Vid låga frekvenser utgörs kraften mest av kompliansens bidrag, och vid höga frekvenser utgörs den mest av effektiva massan. Vid systemets resonansfrekvens är dämpningen helt dominerande.

$$F(t) = v(t) \sqrt{c_m^2 + (m_{EFF}2\pi f - \frac{k}{2\pi f})^2}$$

Tekniken att tillämpa lumpade elementsystem har varit en standardmetod som använts sedan länge i utvecklingen av nya nålarmar, komplianser, tonarmar, dämpning och olika mekaniska detaljer i uppspelningskedjan. Ofta delar man dock upp den komplicerade kretsen med *en modell för lågfrekvent beteende*, och *en modell för högfrekvent beteende*. I den lågfrekventa modellen kan man bortse från exvis nålarmens massa. I den högfrekventa modellen är det i stället just nålarmens massa och vinylytan som dominerar responsen. Märkligt nog får en pickup som presterar dåligt i lägre register ofta förödande effekter även högfrekvent. Man bör således först och främst ha bra prestanda i basen innan man går vidare och förfinar tex nålarmsgeometri. De modeller vi vill visa är dock helt i pedagogiskt syfte, och då finns det en poäng i att ha med hela kretsen.

Bebop

Posted May 29, 2017

#14



Moderator

+ 2 290

11 292 posts

Location:Sydsverige

13. Mekanisk överföring från LP till generator

Grundprinciperna för ett massa-fjäder-dämpare-system är att för låga frekvenser så är responsen från förskjutning helt dominerande (dvs fjädern). För höga frekvenser dominerar responsen av acceleration (dvs massan). I området kring resonans så är det hastigheten (dvs dämpningen) som ger största bidraget till respons. Så beter sig det mekaniska systemet. MEN!!! en generator med spole i magnetfält svarar bara på hastighet. All annan output är noll från generatoren. Generatoren i en pickup är alltså en hastighetstransducer, en *induktiv transducer*.

På samma sätt är en accelerometer en *kapacitiv transducer* som mäter massans förskjutning. En kapacitiv transducer fungerar bara för frekvenser som är mycket lägre än lägsta egenfrekvens, $f \ll f_0$. Det finns accelerometrar som har jättestyva silikonfjädrar som har resonansfrekvens vid ca 1kHz. Där kan man enkelt mäta massans förskjutning som då är linjär och direkt proportionell mot utspänning mycket exakt upp till flera 100 Hz, men inte däröver. Om det hade varit en kapacitiv transducer i en pickup, så hade vi bara fått svar under resonansfrekvens. I vårt fall under 10 Hz alltså 😊. Och det skulle vara förbannat svårt att bygga en sån generator med resonans uppe vid 30kHz. Det finns inte några vanligt förekommande transducers som svarar direkt mot acceleration. En pickup är alltså osedvanligt bredbandig, och till stor del beror det på raa-moduleringen som på ett klurigt sätt fejkar domänerna som svarar mot förskjutning och acceleration.

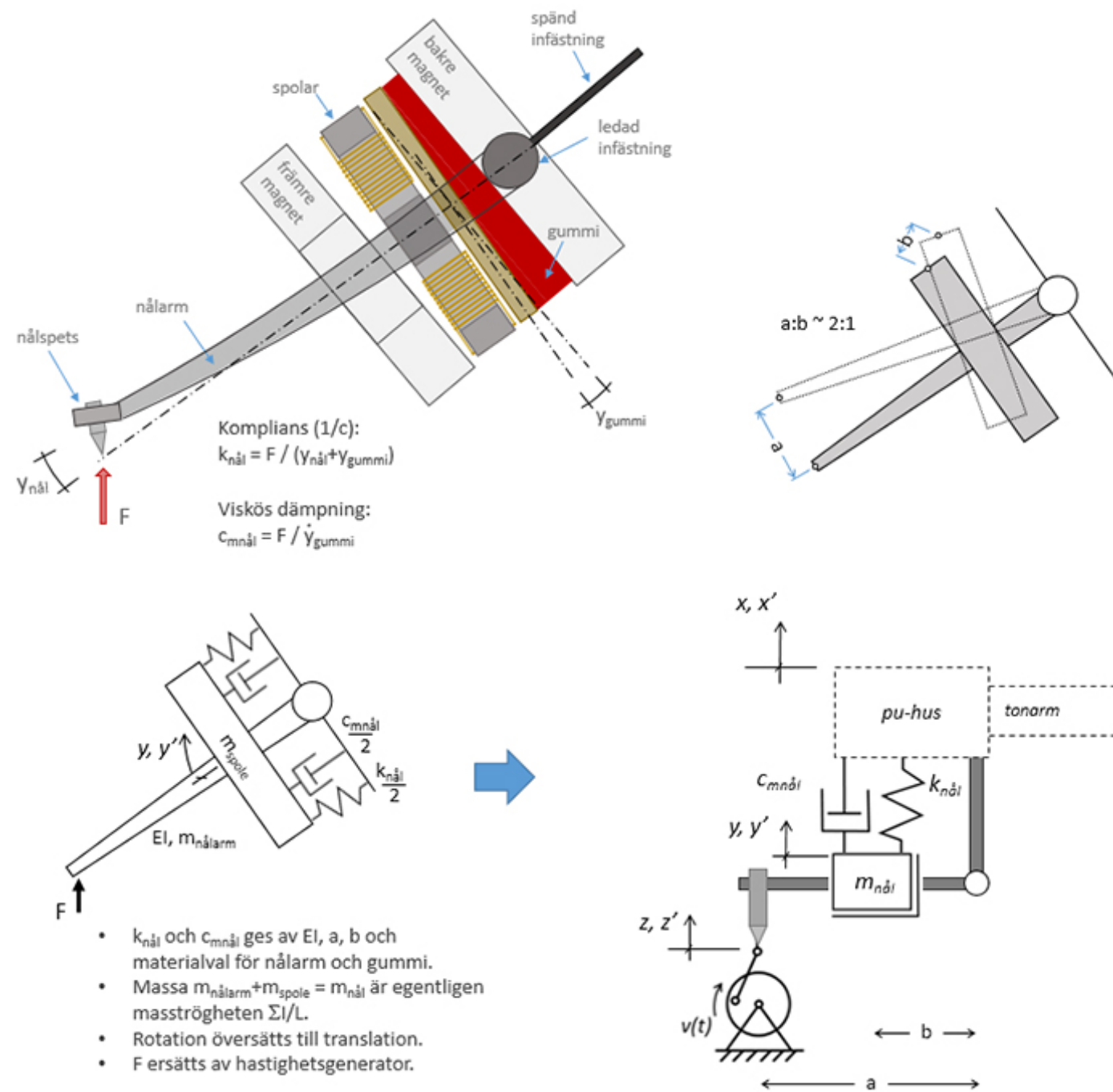
BERÄKNING AV OUTPUT FRÅN PICKUP

För att verifiera både mobilitetsanalogin, delkomponenternas parametrar och var de ska sitta i kretsen så gör vi både mekaniska och elektromekaniska beräkningar. Vi ska börja med att anta en hel massa saker för att möjligen illustrera det mekaniska systemet i en pickup med tonarm. Vi använder datablad från Lyra Kleos och Kuzma 4Point för att ha något att utgå från. Antagandena är säkert inte helt korrekta, men de gör det enklare att visa vad som händer. Så, antag att:

- LPn är helt styv,
- tonarmen och pickuphuset är helt styva och utan glapp,
- nålarmens vinkeländringar är små,
- nålarm och spolar i generator har en effektiv massa 0.02mg,
- nålarmaturens styvhet är 83N/m och har en dämpningskoefficient 0.42kg/s (15% c_{CR}), och
- välj motviktsmassa så att tonarmen med pickup blir balanserad med ett nåltryck 1.7g så att detta resulterar i en effektiv massa $m_{EFF}=24g$.
- tonarmen har variabel dämpning $c_{mtonarm}$, exvis oljebad.

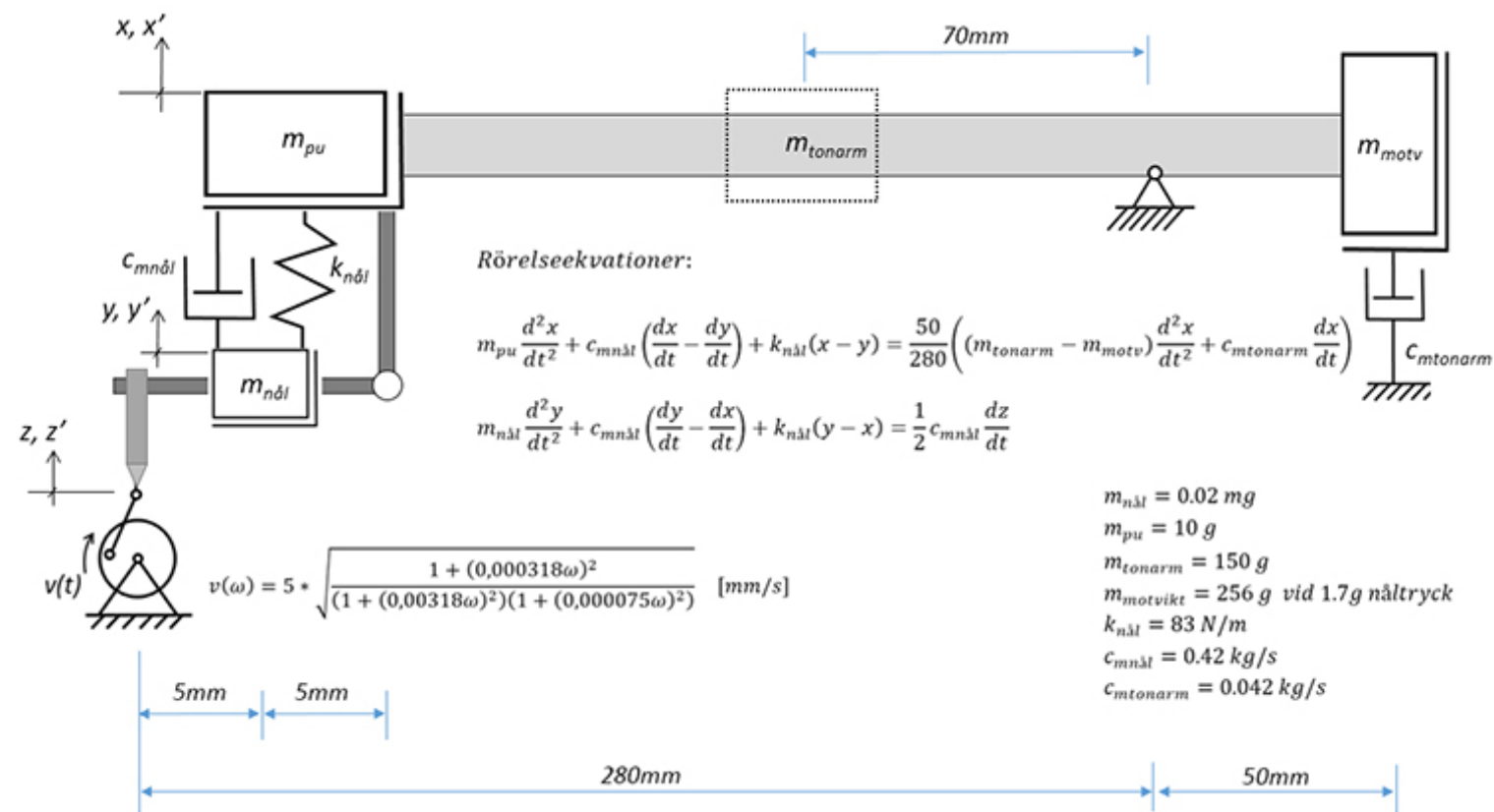
Delkomponenternas egenskaper är idealiserade och linjära. Antag vidare att vi bara har en kanal och att vi enbart har lateral *eller* vertikal modulering, samt att landskapet i LP-skivans spår (moduleringen) kan representeras av ett svänghjul som genererar en hastighet.

Man får krypa in i detalj för att studera det mekaniska systemet i en mc-generator:



Armaturens konstruktion ser lite olika ut på olika pickuper, men principen är den samma att man har en hävarm som är förspänt infäst, dämpad och återfjädrande. Det är kombinationen av hävarmens funktionssätt, nålarmens material och geometri samt dämparens och fjädringens egenskaper som ger pickupens komplians, dvs väl uttryckt *nåle*s följsamhet och vad det ger för svar vid spolarerna. Ger den stor eller liten amplitud? är den trög eller lätt? är den snabb eller långsam? är den linjär? är spolarernas rotationscentrum korrekt placerat? Svaren på dessa frågor ger pickupens karaktär och avslöjar dess brister.

Om vi zoomar ut lite så att vi ser det lilla systemet ihop med tonarmen:



Observera att högerledet i den andra rörelseekvationen endast borde innehålla dz/dt eftersom en mc-transducer endast svarar mot hastighet. Men vi antar att eftersom referensen (tonarmen) kan röra sig i förhållande till nålen, så bör även d^2z/dt^2 och z-komponenterna vara med. Spolen bryr sig inte om var det finns fast mark, den påverkas bara av relativa rörelser. Men, den är både beroende av den relativa rörelsen mellan nål och spole och mellan tonarm och spole. All hastighet som uppstår i tonarmen (dx/dt) är ren signalstöld och ska minimeras.

Pickupens, tonarmens och motviktens massor balanseras till $m_{EFF}=24\text{g}$ enligt normalt förfarande (jämviktsbetraktelse). På samma sätt kan vi lumpa tonarmsdämpningen så att $c_{mEFF} = 28/5 \cdot c_{mtonarm} = 0,235\text{kg/s}$ (1.5% c_{CR}). Vidare kan vi bortse från nålens massa. Dessa tre förenklingar underlättar en handberäkning avsevärt. Responsen, eller rättare sagt överföringsfunktionerna, kan beräknas med:

$$m_{EFF} \frac{d^2 x}{dt^2} + c_{mn\hat{a}l} \left(\frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right) + c_{mEFF} \frac{dx}{dt} + k_{n\hat{a}l} (x - y) = 0$$

$$c_{mn\hat{a}l} \left(\frac{dy}{dt} - \frac{dx}{dt} \right) + k_{n\hat{a}l} (y - x) = \frac{1}{2} \left(c_{mn\hat{a}l} \frac{dz}{dt} + k_{n\hat{a}l} z \right)$$

Mobilitetsfunktion:

$$\frac{d^n f(t)}{dt^n} \xleftrightarrow{\mathcal{F}} (j\omega)^n F(\omega) \Rightarrow$$

$$-m_{EFF} \omega^2 X(\omega) + c_{mn\hat{a}l} j\omega (X(\omega) - Y(\omega)) + c_{mEFF} j\omega X(\omega) + k_{n\hat{a}l} (X(\omega) - Y(\omega)) = 0$$

$$c_{mn\hat{a}l} j\omega (Y(\omega) - X(\omega)) + k_{n\hat{a}l} (Y(\omega) - X(\omega)) = \frac{1}{2} (c_{mn\hat{a}l} j\omega Z(\omega) + k_{n\hat{a}l} Z(\omega))$$

$$\frac{X(\omega)}{Y(\omega)} = \frac{c_{mn\hat{a}l} j\omega + k_{n\hat{a}l}}{(c_{mEFF} + c_{mn\hat{a}l}) j\omega + k_{n\hat{a}l} - m_{EFF} \omega^2}$$

$$\frac{Y(\omega)}{Z(\omega)} = \frac{k_{n\hat{a}l} c_{mn\hat{a}l} j\omega + c_{mn\hat{a}l} m_{EFF} j\omega^3 - c_{mEFF} c_{mn\hat{a}l} \omega^2}{4k_{n\hat{a}l} c_{mn\hat{a}l} j\omega + 2k_{n\hat{a}l} c_{mEFF} j\omega - 2c_{mn\hat{a}l} m_{EFF} j\omega^3 + 4k_{n\hat{a}l}^2 - 2k_{n\hat{a}l} m_{EFF} \omega^2 - 2c_{mEFF} c_{mn\hat{a}l} \omega^2}$$

Sätt:

$$A1 = c_{mn\hat{a}l} \omega$$

$$A2 = k_{n\hat{a}l}$$

$$A3 = (c_{mEFF} + c_{mn\hat{a}l}) \omega$$

$$A4 = k_{n\hat{a}l} - m_{EFF} \omega^2$$

$$B1 = k_{n\hat{a}l} c_{mn\hat{a}l} \omega + c_{mn\hat{a}l} m_{EFF} \omega^3$$

$$B2 = c_{mEFF} c_{mn\hat{a}l} \omega^2$$

$$B3 = 4k_{n\hat{a}l} c_{mn\hat{a}l} \omega + 2k_{n\hat{a}l} c_{mEFF} \omega - 2c_{mn\hat{a}l} m_{EFF} \omega^3$$

$$B4 = 4k_{n\hat{a}l}^2 - 2k_{n\hat{a}l} m_{EFF} \omega^2 - 2c_{mEFF} c_{mn\hat{a}l} \omega^2$$

Överföringsfunktioner för tonarm vs spole, spole vs nålspets och tonarm vs nålspets kan beräknas till:

$$\frac{\text{tonarm}}{\text{spole}}: |H_A| = \left| \frac{X(\omega)}{Y(\omega)} \right| = \sqrt{\frac{(A1)^2 + (A2)^2}{(A3)^2 + (A4)^2}}$$

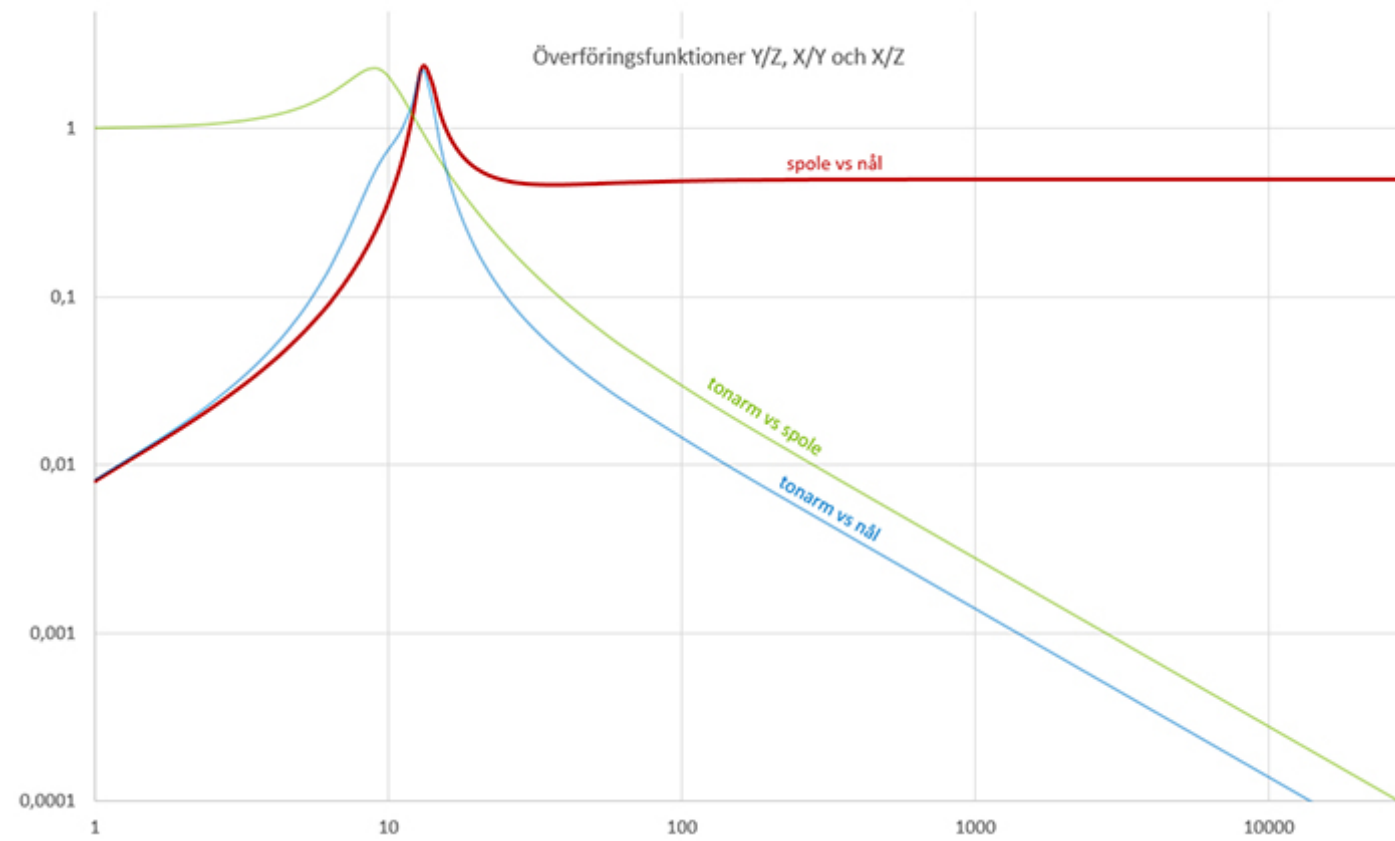
$$\frac{\text{spole}}{\text{nålspets}}: |H_B| = \left| \frac{Y(\omega)}{Z(\omega)} \right| = \sqrt{\frac{(B1)^2 + (B2)^2}{(B3)^2 + (B4)^2}}$$

$$\frac{\text{tonarm}}{\text{nålspets}}: |H_C| = \left| \frac{X(\omega)}{Z(\omega)} \right| = \left| \frac{X(\omega)}{Y(\omega)} \right| * \left| \frac{Y(\omega)}{Z(\omega)} \right|$$

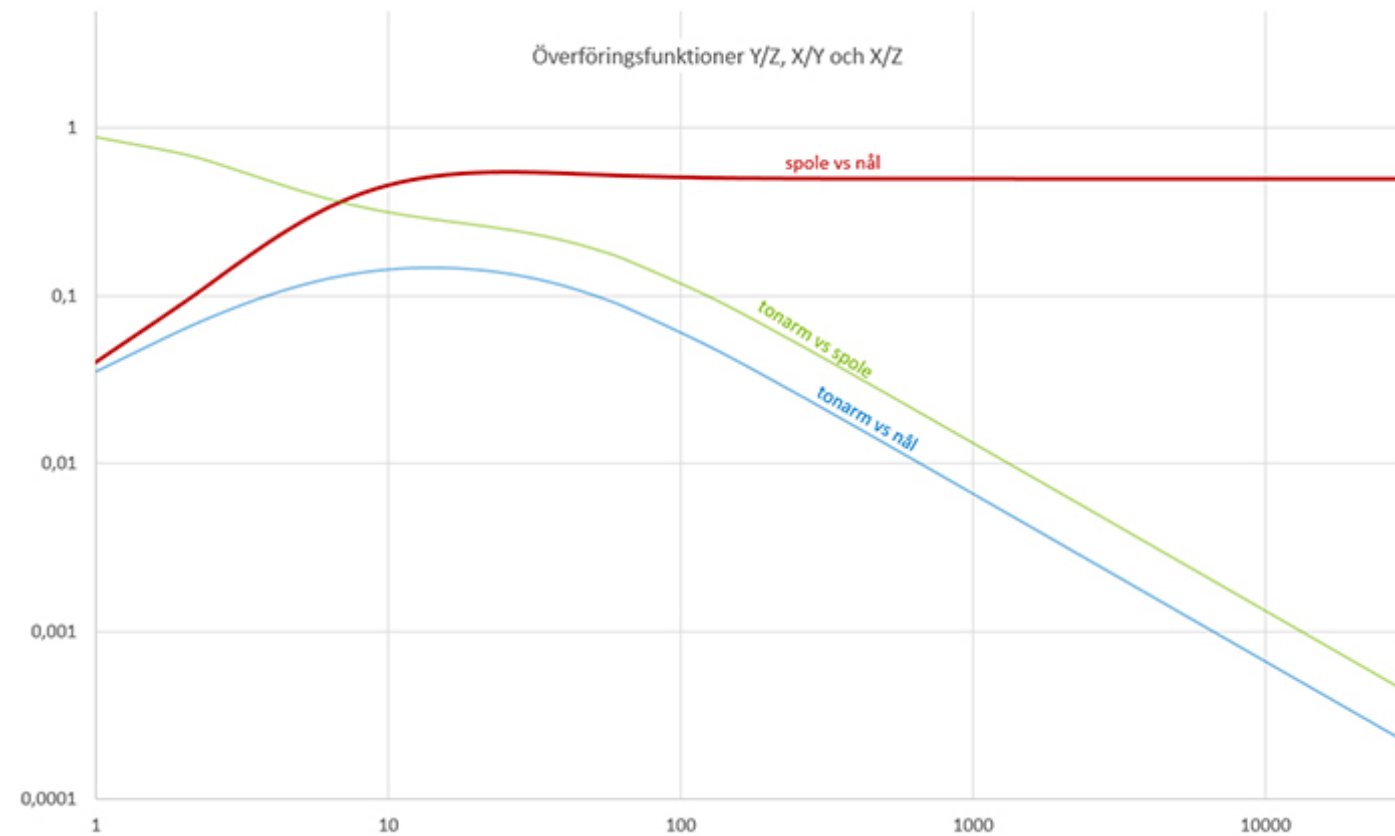
Alla som har gjort detta för hand vet att det är lite svettigt 🤦

Överföringsfunktioner

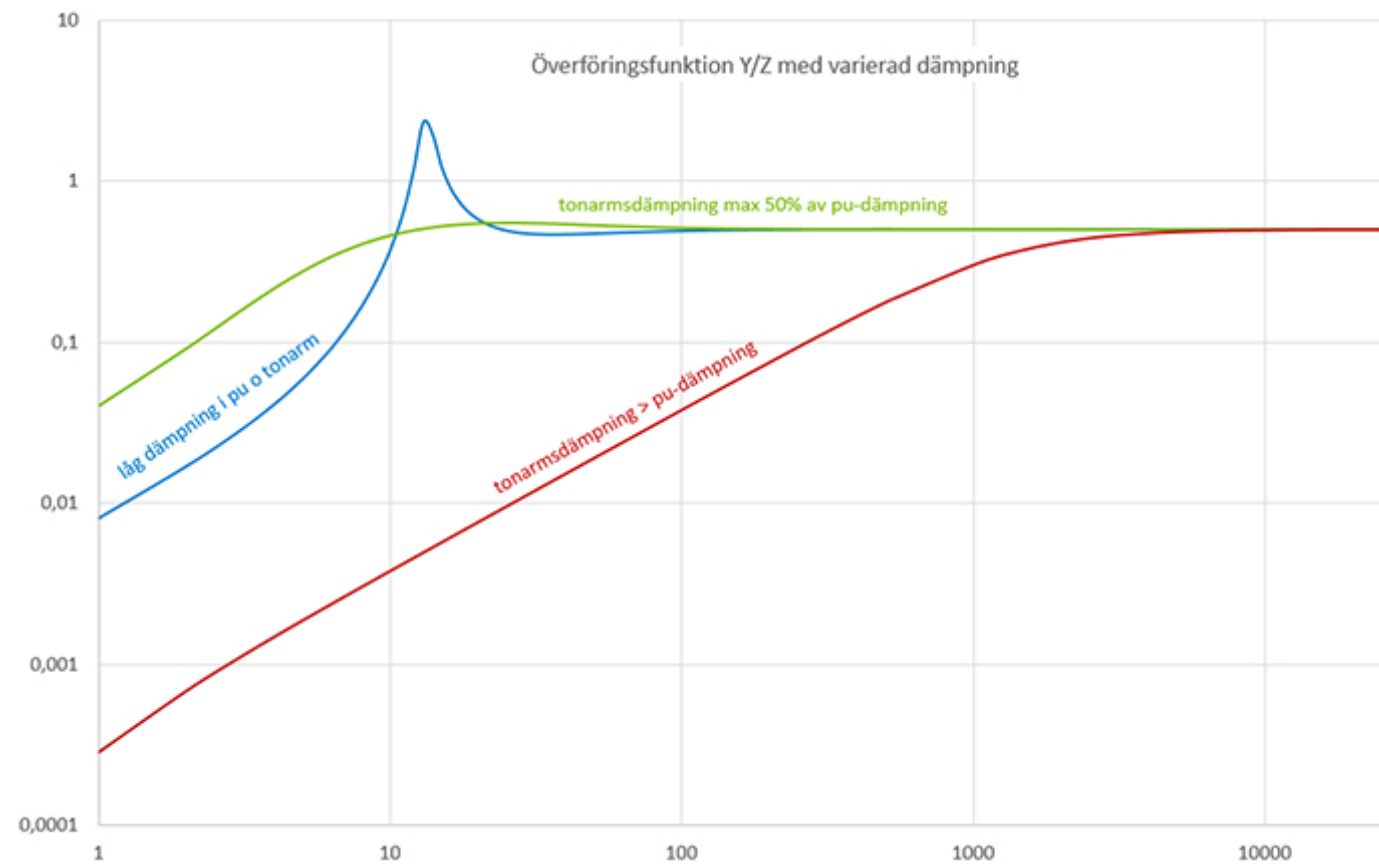
Resultatet i frekvensdomänen visar att genom att noggrant välja mekaniska egenskaper (massa, styvhet, dämpning) för pickup och tonarm, så kan man få en hyfsat rak överföring inom det hörbara området. Den röda linjen motsvarar alltså spolens rörelse i generatoren jämfört med nålens rörelse. Första ansatsen ger en ganska pigg maskin:



Om vi ökar dämpningen i generatoren ($c_{mnål} = 2$ resp $c_{mtonarm} = 1$ kg/s) så fås en betydligt rakare respons även i lågbasen, men betydligt mer energi transporteras till tonarmen, och vi antar att detta skulle synas i en transient beräkning.



Om tonarmsdämpningen blir för stor så kommer output minska. Tonarmsdämpning är alltså beroende på val av pickup, och en pu som konstruerats med hög dämpning *tåler* mer tonarmsdämpning. Det är alltså inte så konstigt att man upplever olika resultat av tonarmsdämpning även med samma tonarm. Vi har inte räknat på vad som händer med transienter, men sannolikt kommer även dessa trubbas av högst märkbart.



Output från generator

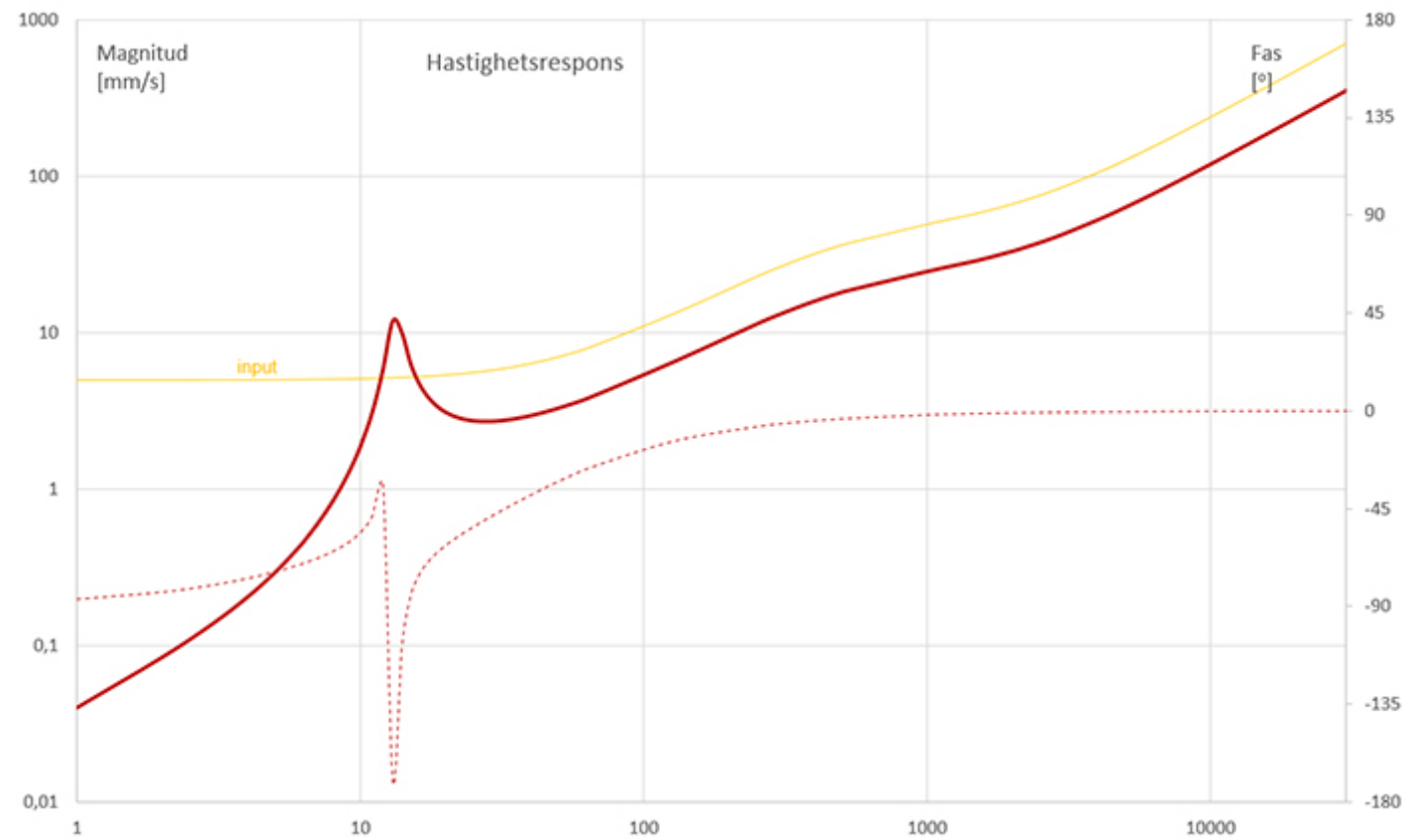
Hastigheten är enbart intressant för spolen, och:

$$v_{spole} = |H_B| * v(t) \text{ med}$$

$$\text{magnitud: } |H_B| = \left| \frac{\dot{Y}(\omega)}{\dot{Z}(\omega)} \right| = \sqrt{\frac{(B1)^2 + (B2)^2}{(B3)^2 + (B4)^2}}$$

$$\text{fas: } \angle H_B = \tan^{-1}\left(\frac{B3}{B4}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{B1}{B2}\right)$$

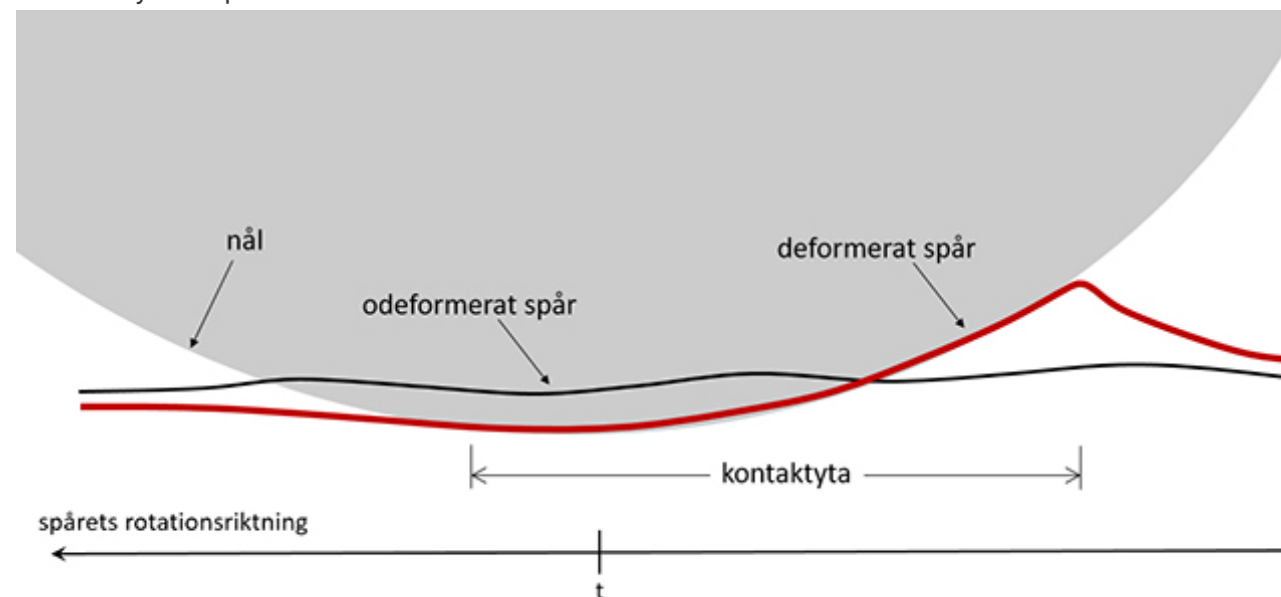
Om vi använder en raa-modulerad hastighetsgenerator enligt [referenskonvention](#) så kan magnitud och fas beräknas. Man kan säga att hastighetsgeneratorn motsvarar responsen från ett svep med raa-modulerat vitt brus. Uppritat i frekvensdomänen så skulle vår exempelmodell bete sig såhär (dämpning 0.42 / 0.235 kg/s):



Observera att detta är mekaniska beräkningar. Vad som händer när hastigheten transformeras till en spänning är nästa pilsner... 😊

ANMÄRKNING ANGÅENDE SKANNINGSFÖRLUSTER

Den respons vi har beskrivit i detta avsnitt förutsätter att LPn är helt styv. Det är den inte. Anledningen att vi antagit att LPn är styv är eftersom kompliansen är många gånger mjukare och LPns styvhet kommer inte inverka på det övergripande beteendet av det mekaniska systemet. Men, det finns en väl studerad faktor i kontakten mellan nålspets och spår som kallas *skanningsförlust* (eng: scanning loss). Denna förlust definieras lite bekvämt som *alla förluster som inte beror på det elektromekaniska systemet*, och beror till största delen på spårdeformationer pga kontaktryck mellan nål och vinyl. Under spelning blir vinylmediet upphettat av friktionen och nålen har en driva av vinyl bakom sig när den drar fram. Denna kontaktegenskap skapar distorsion högfrekvent eftersom nålen följer det modulerade spår som den nyss har deformerat. Distorsionen kan minimeras om kontaktytan optimeras så att nålen har kort anliggning i spårets riktning och maximal anliggning tvärs spåret. Andra påverkande faktorer är såklart att använda måttlig vtf och inte för styv komplians.



Genomskärning längs ett vinylspår, där nålspetsen gräver upp en driva allteftersom den framskrider. Baserat på figur av James V. White.

Vi definierade ovan att hastigheten i spolen är produkten av (mekaniska) överföringsfunktionen och den modulerade hastigheten:

$$v_{spole} = |H_B| * v(t)$$

För att ta hänsyn till skanningsförluster kan hastigheten i spolen i stället definieras som:

$$v_{spole} = |S||H_B| * v(t)$$

där S är skanningsfunktionen. Den mekaniska modellen bör då även kompletteras med LPns styvhet. Det är först vid frekvenser över flera kHz som $S \neq 1$. Vi går inte djupare in på detta just nu.

calle_jr



Admin

+ 2 230

17 272 posts

Location:Malmö

Posted July 19, 2017

#15

14. Elektromekanisk simulering med SPICE

Föregående avsnitt är ganska teoretiskt. I det följande vill vi visa mobilitetsanalogi för en konkret setup, och redovisa vad som händer när man ändrar mekaniska och elektriska komponenters egenskaper. För att kunna realisera detta rafflande avsnitt fick vi ta hjälp av [@tek](#), som inte bara gjort elretssimuleringarna, utan även på ett avgörande sätt bidraget med att få modellerna korrekta. Vi har även använt en testbänk med signalgenerator och anti-riaa för att verifiera vissa antaganden, och för att själv mäta en del okända specar. Som vanligt har vi inte fått någon som helst hjälp av tillverkare, förutom Per Lundahl som bistått fullt ut med sina kunskaper om transformatorer. Vi har efterlyst (icke kända) specar från tex Lyra, Ortofon, Shure, Zyx, Dynavector etc, men de har tyvärr inte kunnat bidra med hänvisning till att det är immateriell intelligens, vilket är ren nonsens men kanske ett artig svar.

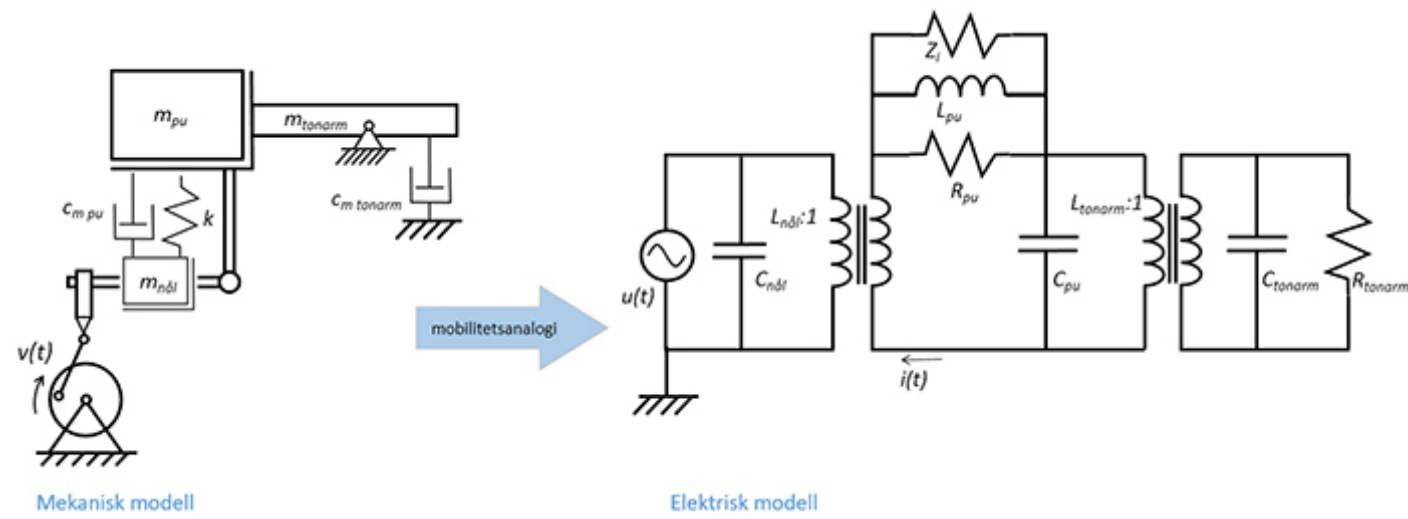
På ett sätt skulle man vilja illustrera responsen från en helt rak källa ($v(t)=\text{konstant}$) för att inte röra till det med raa-modulering. Men vi har kommit fram till att sådana resultat är helt orealistiska - man måste tillämpa inspelningskaraktistiken om det ska bli relevant. Ungefär som att man inte kan köra en bil 10km/h i femmans växel, eller köra i 200 knyck i ettan. Hur raa-modulering ser ut visade vi i avsnitt 11. Om man utgår från referenshastigheten 5cm/s vid 1kHz, så kommer den raa-kodade hastighetsgeneratoren se ut såhär:

$$v_{ref}(\omega) = 5 * \sqrt{\frac{1 + (0,000318\omega)^2}{(1 + (0,00318\omega)^2)(1 + (0,000075\omega)^2)}} \quad [mm/s]$$

Ekvationen finns uppritad i avsnitt 11.

SIMULERING AV PU OCH TONARM

Från mobilitetsanalogi och beskrivning i avsnitt 12 får vi en ekvivalent elkrets:



De elektromekaniska komponenterna beräknas enligt beskrivningen i avsnitt 12:

Massa för nålarm och spole:

$$C_{nål} = \frac{m_{nål}}{B^2 l^2} = \frac{0,02 \cdot 10^{-6}}{0,01^2} = 0,2 \text{ mF}$$

Nålarmens hävarm:

$$L_{nål:1} = 2:1$$

Dämpning i nålarm:

$$R_{pu} = \frac{B^2 l^2}{c_{mnål}} = \frac{0,01^2}{0,42} = 0,24 \text{ m}\Omega$$

Styvhet i nålarm:

$$L_{pu} = \frac{B^2 l^2}{k_{nål}} = \frac{0,01^2}{83} = 1,2 \text{ }\mu\text{H}$$

Pickupens massa:

$$C_{pu} = \frac{m_{pu}}{B^2 l^2} = \frac{0,010}{0,01^2} = 100 \text{ F}$$

Generatorns interna impedans:

$$Z_i = 5,4 \text{ }\Omega$$

Tonarmens hävarm:

$$L_{tonarm:1} = 28:5$$

Massa för tonarm och motvikt:

$$C_{tonarm} = \frac{m_{motvikt} - m_{tonarm}}{B^2 l^2} = \frac{0,256 - 0,150}{0,01^2} = 1060 \text{ F}$$

Dämpning i tonarm:

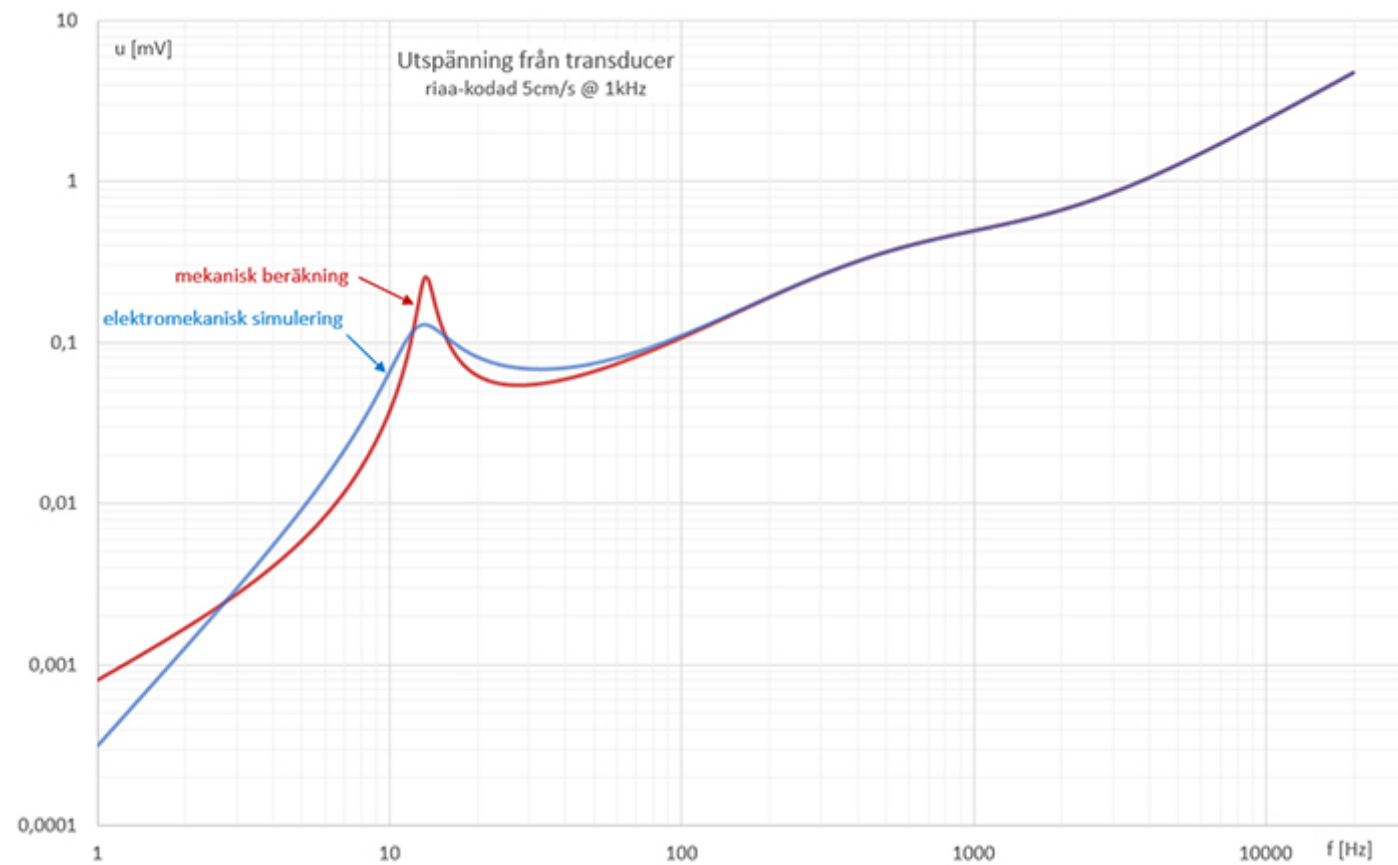
$$R_{tonarm} = \frac{B^2 l^2}{c_{mtonarm}} = \frac{0,01^2}{0,042} = 2,4 \text{ m}\Omega$$

Nålens hastighet:

$$u(t) = Blv(t) = 0,01 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{1 + (0,000318\omega)^2}{(1 + (0,00318\omega)^2)(1 + (0,000075\omega)^2)}} \text{ [mV]}$$

Antagna elektromekaniska egenskaper för generator baserat på mobilitetsanalogi.

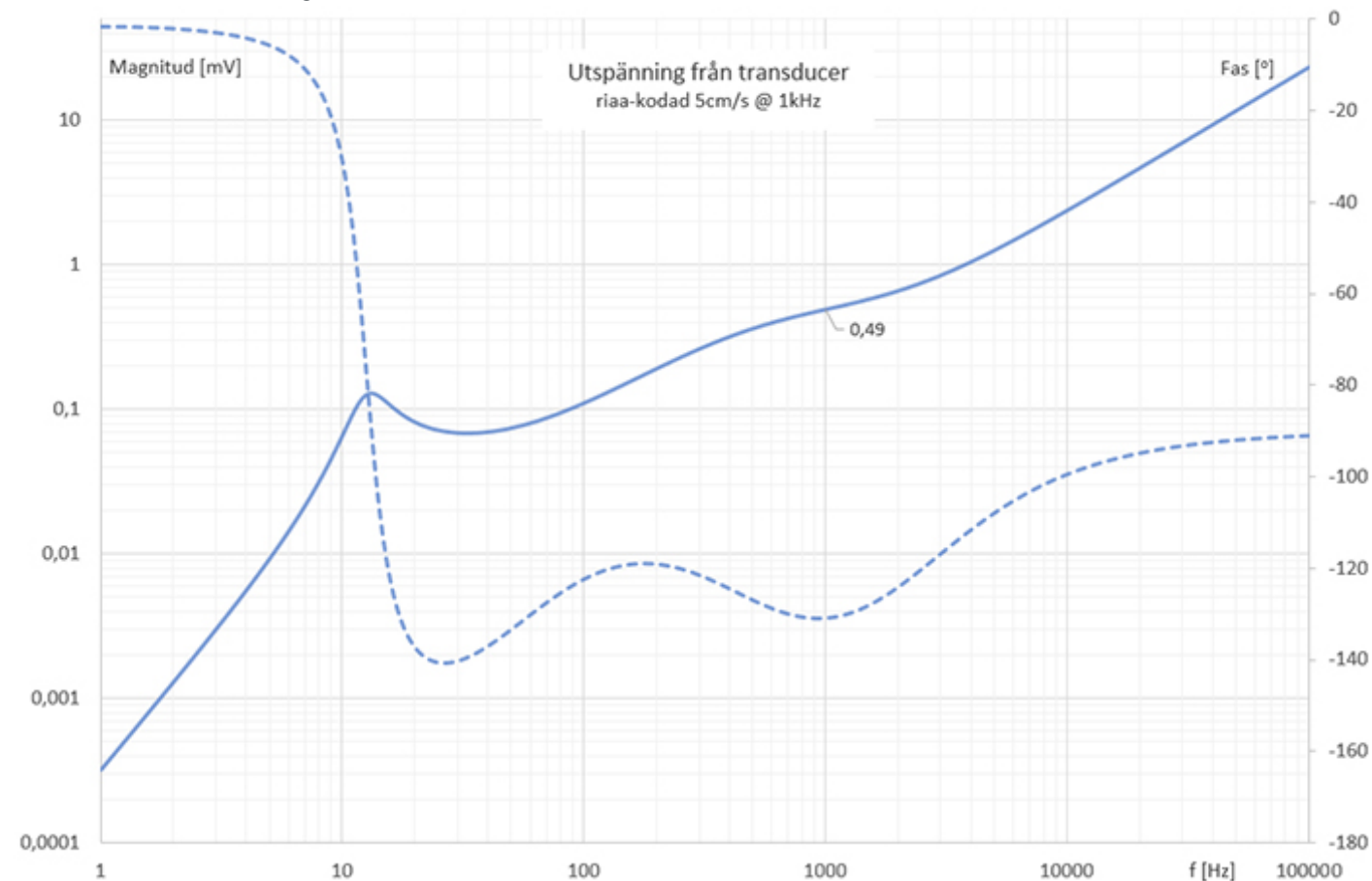
Simuleringen är utförd med [SPICE](#). Första steget är att få överensstämmelse mellan mekanisk och elektromekanisk beräkning:



Skalningen av input är avpassad så att spolen ger 0.5mV output vid en spårhastighet av 5 cm/s vid 1 kHz. Känsligheten i transducern utgörs ju både av generatorns flödestäthet, längd på spolarnas ledare och av "utväxlingen" mellan nålens och spolens hastighet. Så, om hastigheten är dubbelt så hög i spåret som i spolen så kan man säga att generatorm har $Bl=0.02$ Vs/m men att utväxlingen sänker detta så att totala känsligheten blir 0.01 Vs/m.

Det är tydligt att den elektromekaniska simuleringen ger en betydligt jämnare frekvensgång. Av någon anledning påverkar både pu-dämpning och tonarmsdämpning betydligt mer i Spice. Vi återkommer till detta lite senare.

Här ser vi simulerad magnitud och fas från transducern:

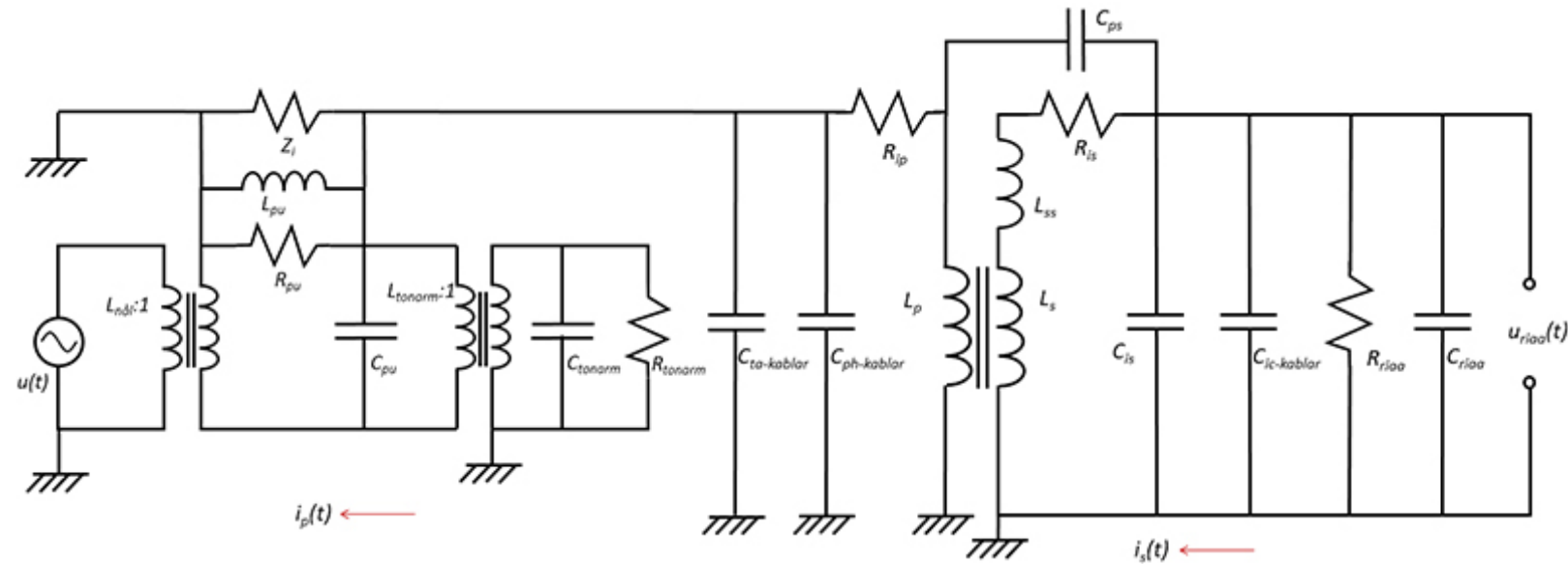


Riaa-kodning är egentligen definierad inom audiobandet 20 - 20.000 Hz. Vi har med ett större frekvensomfång än så eftersom en del resultat kan vara intressant att se utanför detta område. Det är rentav önskvärt om det går att flytta resonanser antingen under eller över dessa gränser.

Angående fas så ser man det karakteristiska omslaget som alltid uppstår kring resonans. Men det sker i övrigt inga större konstigheter inom audiobandet.

SIMULERING AV HELA KRETSEN

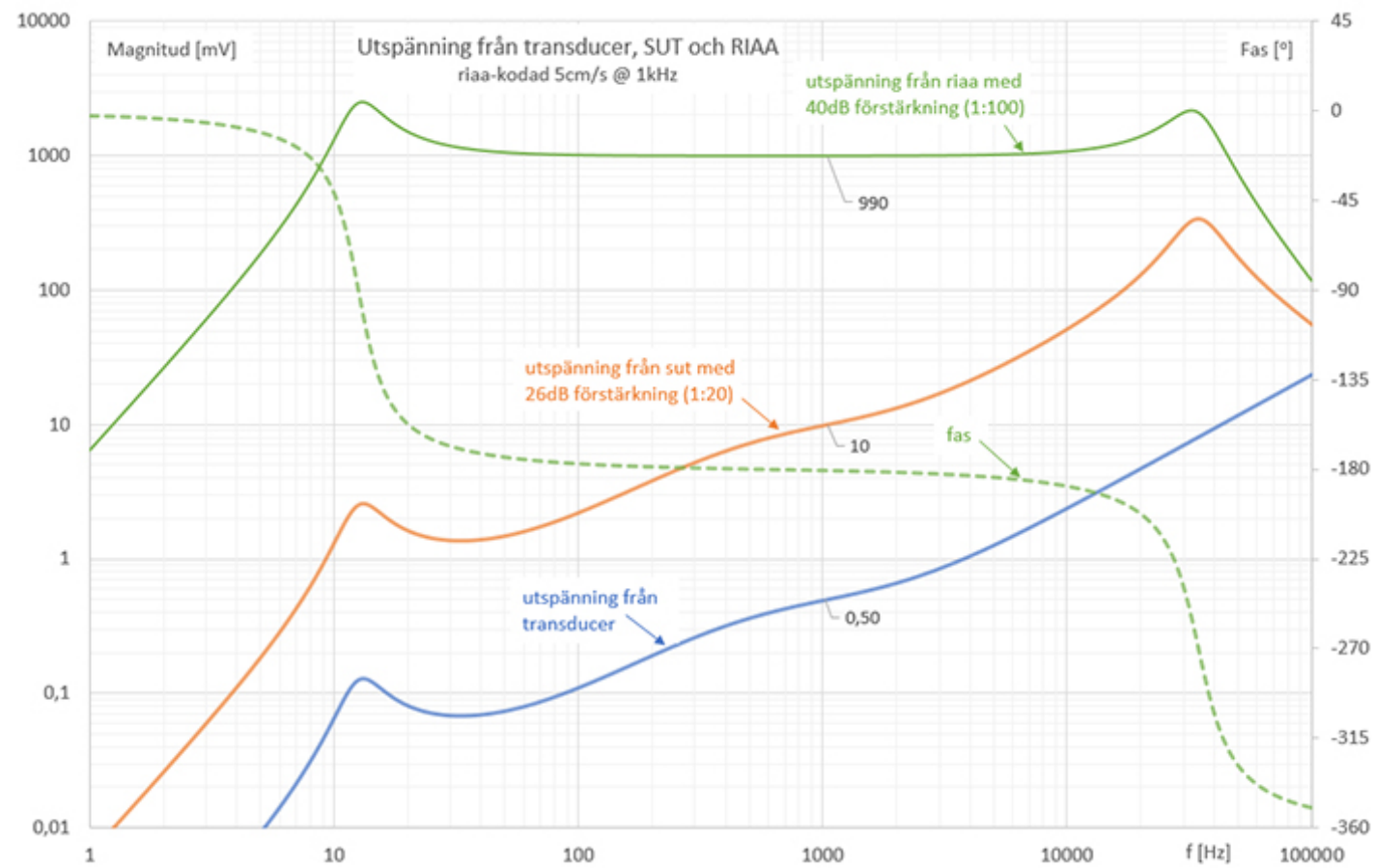
Enligt beskrivning i avsnitt 12 kan elkretsen ritas upp såhär:



$c_{nål}$ (nålens massa) kan tas bort eftersom den inte påverkar här. Äldre pickuper, från 60-talet och dessförinnan, hade över 50 ggr högre effektiv massa i nålarm och armatur. Så för dessa pickuper spelade massan större roll för responsen. Vi har valt fina tonarms-, phono- och ic-kablar med en kapacitans 33-36pF/m och lagt till 10pF för resp kontakt. Vi har lånat en SUT med 26dB förstärkning av Per Lundahl som vi hyfsat kunde bedöma de egenskaper som inte finns i datablad. Slutligen har vi en standard mm riaa-ingång. I följande tabell redovisas ovanstående värden för pickup och tonarm, samt indata för kablar, SUT och riaa:

<i>Pickup</i>	<i>Nålarmens hävarm:</i>	$L_{nål} : 1$	2:1
	<i>Dämpning i nålarm:</i>	R_{pu}	0,24 mohm
	<i>Styvhet i nålarm:</i>	L_{pu}	1,2 μ H
	<i>Pickupens massa:</i>	C_{pu}	100 F
	<i>Generatorns interna impedans:</i>	Z_i	5,4 ohm
<i>Tonarm</i>	<i>Tonarmens hävarm:</i>	$L_{tonarm} : 1$	28:5
	<i>Massa för tonarm och motvikt:</i>	C_{tonarm}	1060 F
	<i>Dämpning i tonarm:</i>	R_{tonarm}	2,4 mohm
<i>Tonarmskablar</i>	<i>SE. 0.45m 33 pF/m</i>	$C_{ta-kablar}$	15 pF
<i>Phonokablar</i>	<i>SE. 1.25m 33 pF/m + 2x10</i>	$C_{ph-kablar}$	61 pF
<i>SUT</i>	<i>26 dB förstärkning</i>	<i>Omsättning</i>	1:20
	<i>Primärlindningens induktans</i>	L_p	105 mH
	<i>Sekundärlindningens induktans</i>	L_s	42 H
	<i>Primärlindningens inre resistans</i>	R_{ip}	0,4 ohm
	<i>Sekundärlindningens inre resistans</i>	R_{is}	250 ohm
	<i>Läckinduktans</i>	L_{ss}	100 mH
	<i>Intern kapacitans mellan lindningarna</i>	C_{ps}	50 pF
	<i>Sekundärlindningens kapacitans</i>	C_{is}	10 pF
<i>IC-kablar</i>	<i>SE. 1.00m 36 pF/m + 2x10</i>	$C_{ic-kablar}$	56 pF
<i>Riaa-ingång</i>	<i>MM-riaa</i>	R_{riaa}	47 kohm
		C_{riaa}	100 pF
<i>Jord</i>			

I nedanstående diagram ser vi frekvensgången för signalen från SUT och från riaa, i jämförelse med signalen från transducern. Den SUT vi valt ger 20ggr förstärkning i hela registret, så att en transducer med 0.5mV utspänning ger en signal på 10mV vid 1kHz. Riaa-avkodningen innebär därefter en förstärkning med 1000ggr vid 20Hz, 100ggr vid 1kHz och 10ggr vid 20kHz. Totalt sett förstärks alltså 0.5mV cirka 2000 gånger till 1V vid 1kHz:



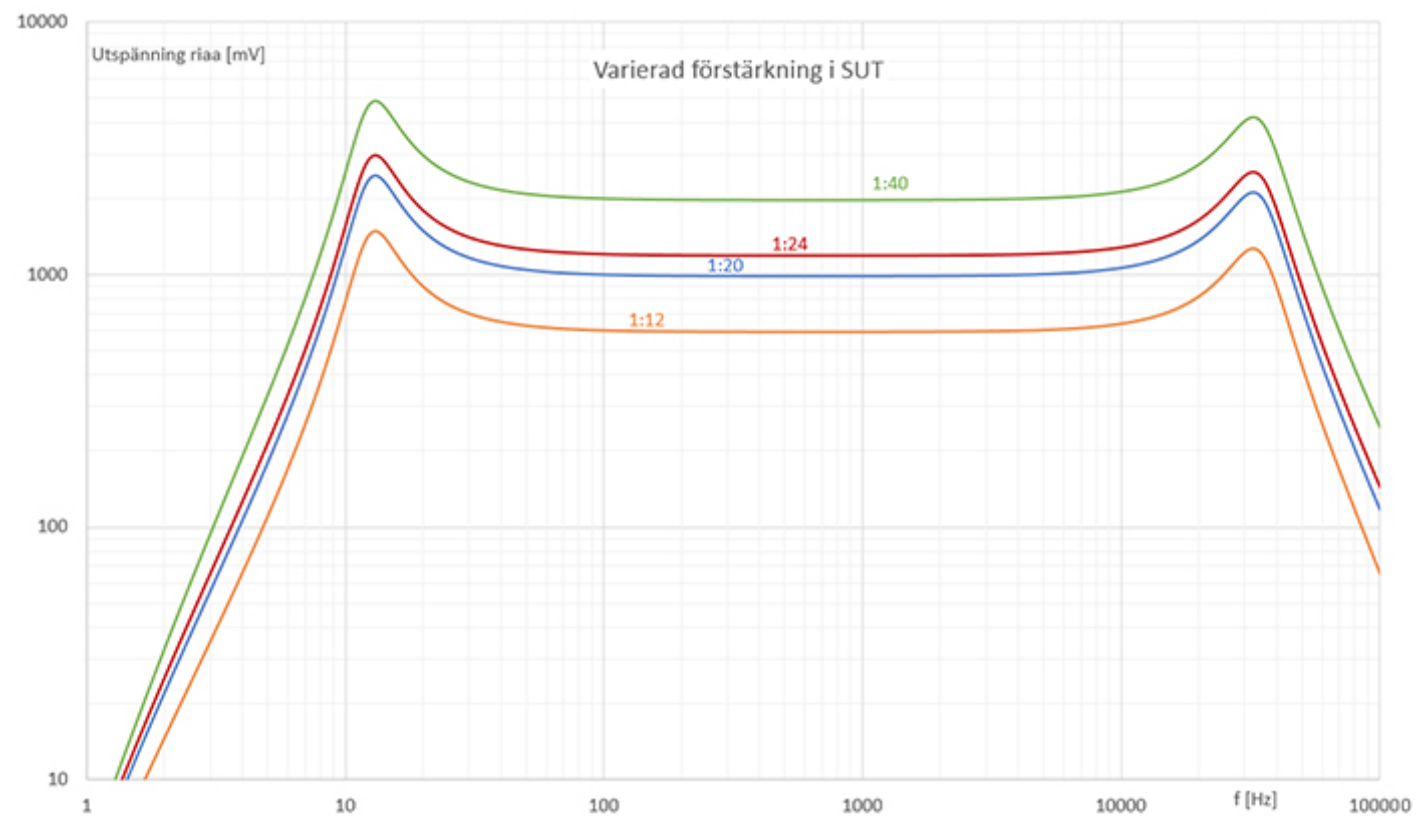
Simulering av utspänning från transducer, sut och riaa. Magnitud och fas.

De gröna linjerna i ovanstående diagram är naturligtvis det vi hör. Det ser mycket bra ut, och vi ser knappt effekten av det mekaniska systemet under 30Hz. Det vi ser tendenser av vid 15kHz är kablarnas påverkan, och resonanstoppet ligger ända upppe vid 35kHz. Fasvridningarna vid resonanstopparna är typiska, men även dessa ligger utanför audiområdet.

Vad vi *inte* ser i simuleringen är högfrekventa mekaniska fenomen, som beror av dynamiska effekter mellan nålarm, armatur, komplians och vinylskiva. Dessa effekter avser vi återkomma med.

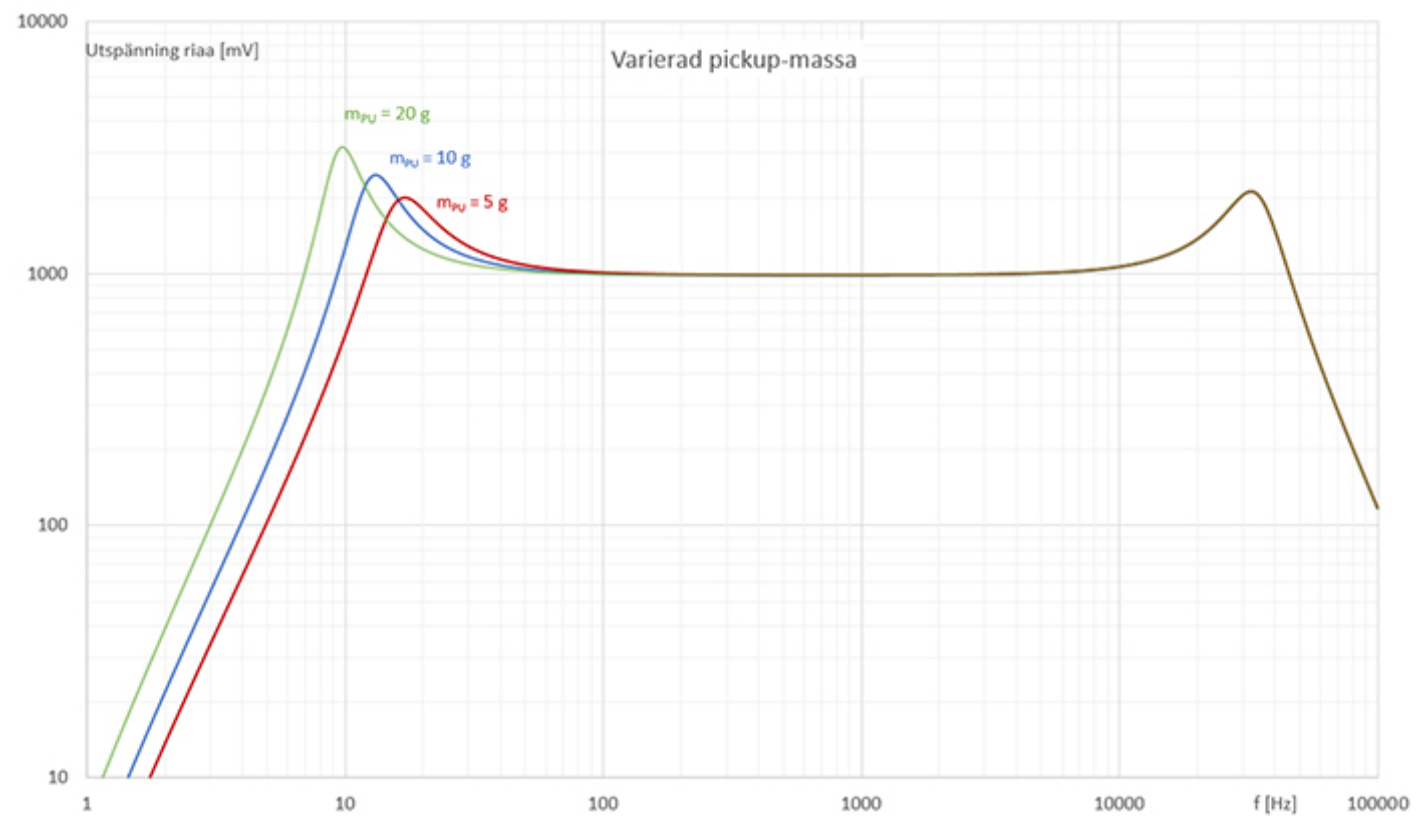
KÄNSLIGHETSANALYS

Vi har provat variera de ingående komponenterna var för sig. Första komponent som vi varierar är vår stepup. Vi har testat med förstärkning 1:12, 1:20, 1:24 och 1:40.



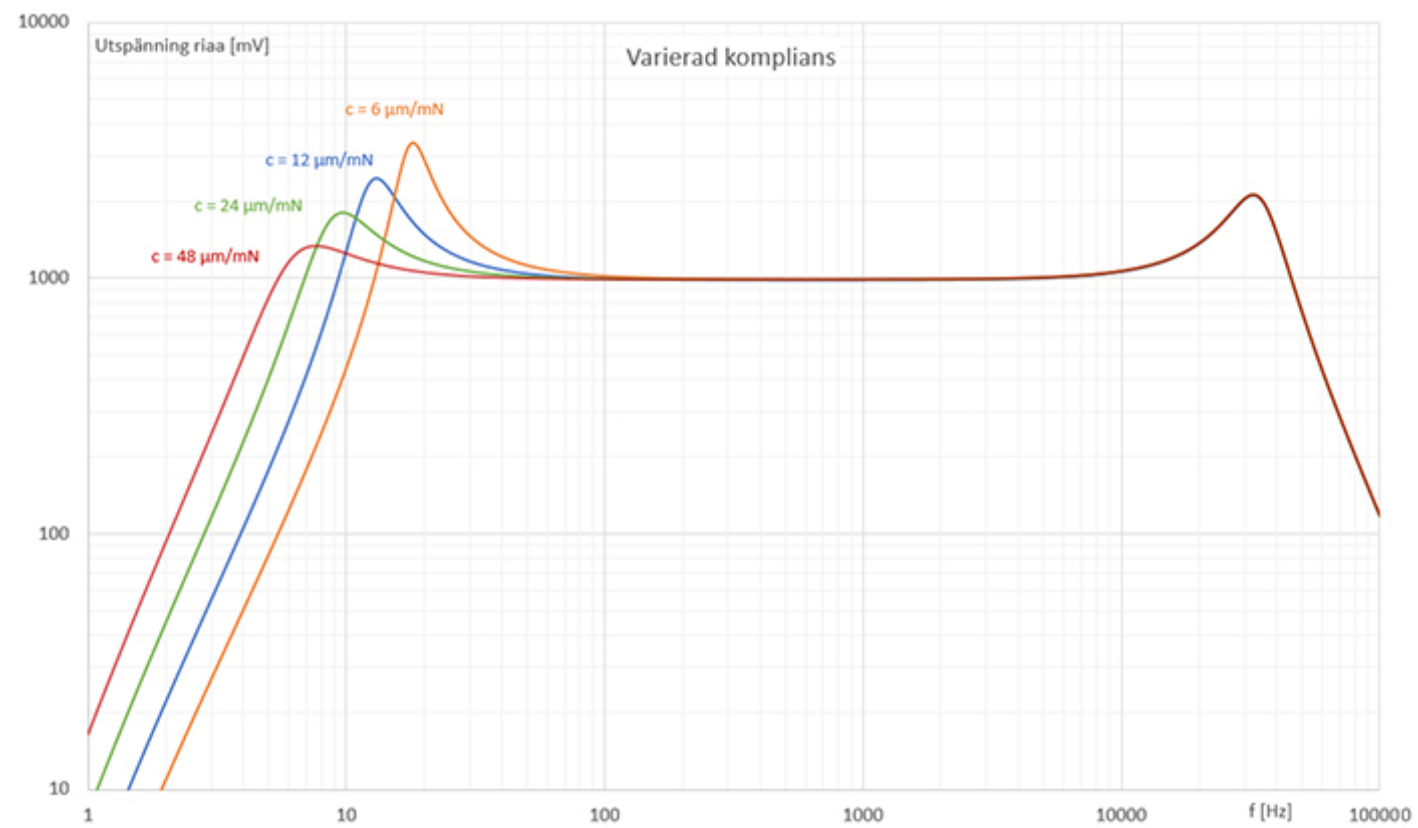
Blå kurva är utgångsläget med sut 1:20. Som syns ger simuleringen en ren skalering. Simuleringen tar ju dock inte hänsyn till varken brusnivå eller överstyrning i riaa. Riaa kommer efter simuleringen i signalkedjan. Men det händer således inte något häpnadsväckande i kedjan mellan pu och riaa.

Nästa variabel är pickupens massa. Med allt annat lika varierar vi tillskottet till effektiv massa med 5, 10 respektive 20 g.



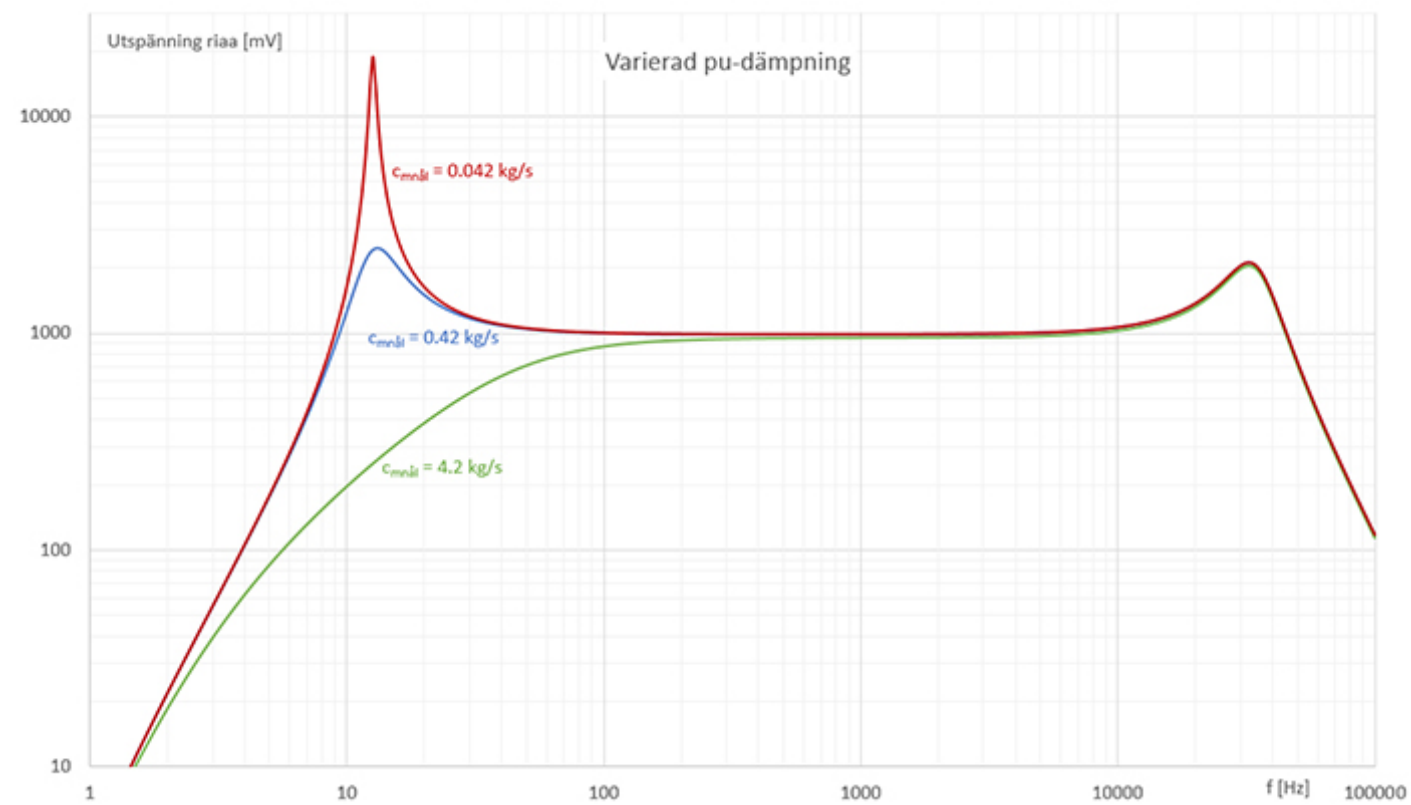
Varierad pickup-massa. Utgångsläget är 10g. Som syns kommer en lägre massa att höja resonansfrekvensen, och en högre kommer sänka den. Ganska stor skillnad i amplitud också.

I nästa simuleringssekvens varierar vi pickupens komplians. Pickupens massa och komplians är intimt hopkopplade, men kompliansen är helt intimt avgörande för output. Pickupens massa sitter ju fast i tonarmen och åker inte med på samma sätt.



Utgångsläget för komplians är $12\mu\text{m/mN}$, och man ser att en styvare pickup skulle höja både frekvens och amplitud för resonans, medan en mjukare kommer att sänka dessa. Det visste vi redan, men det kan vara intressant att se det illustrerat.

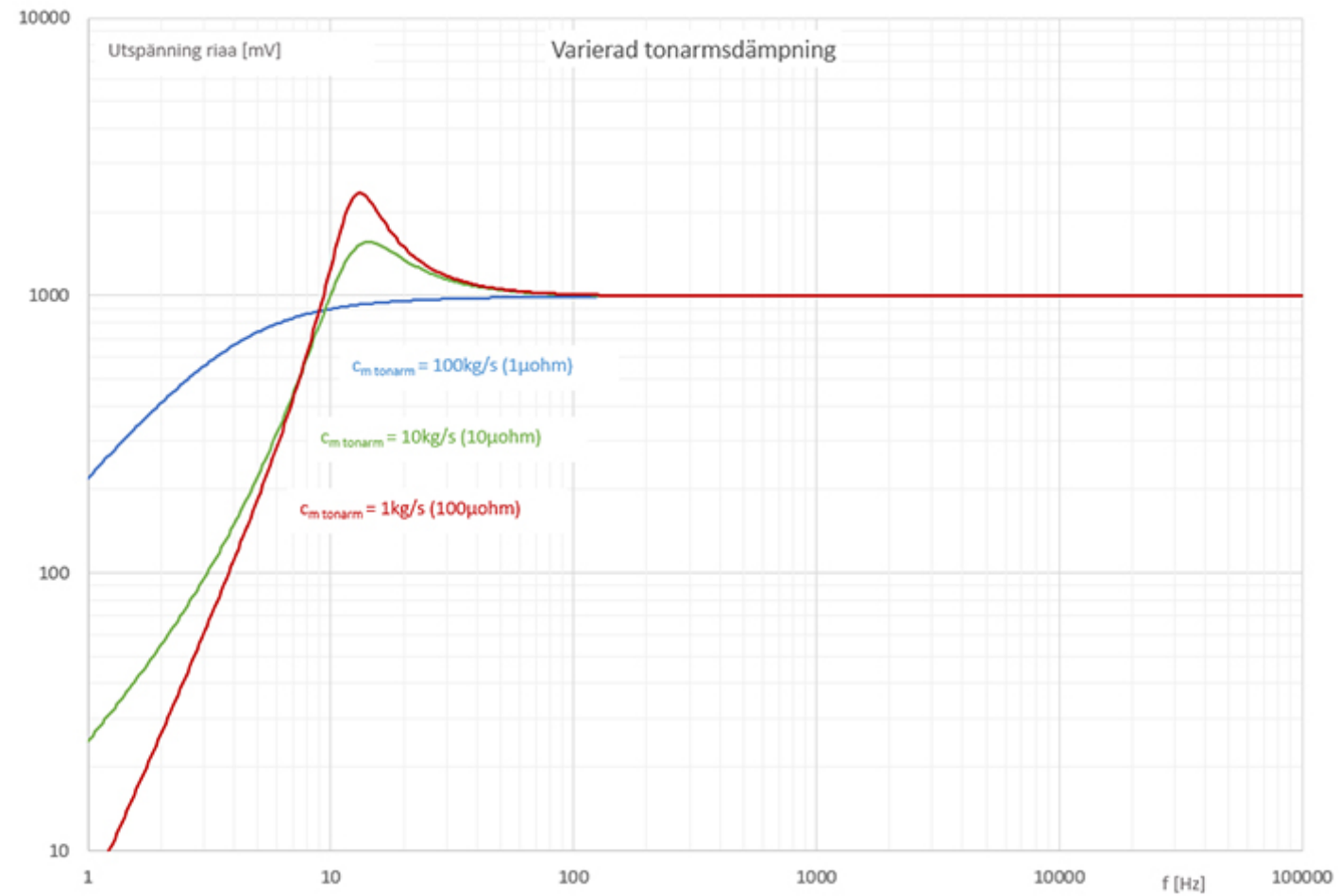
Nästa parameter är dämpning. Vi börjar med dämpningen i pickup:



Blå kurva är utgångsläge ($15\% c_{CR}$). Vi har gissat detta värde, men det är sannolikt inte långt från sanningen. Som synes skulle vi få en oregelrig pu om dämpningen var väsentligt lägre, och vi skulle trubba av all low level output om den var väsentligt högre.

För tonarmsdämpning blir det lite av en gissningslek. Det är mycket svårt att lista ut absoluta siffror på viskös dämpning i en tonarm, och givetvis påverkar placeringen av denna dämpning vilket då måste korrigeras med det värde på motstånd som ansätts i en elektrisk analogi. Vår teori är att pu-dämpning och tonarmsdämpning är intimt kopplade, så

att värdet på den ena i stor grad bestämmer effekten av den andra och vice versa. Vi tror att vi får anledning att återkomma med bättre underlag, men för att åtminstone illustrera effekten av några val ser man i följande bild resultatet från några spice-simuleringar:



Även om vi har antagit ganska höga tal på viskös dämpning i förhållande till pu-dämpning, så ser det i spice-simuleringen ut som att vi inte kan överdämpa armen inom audioområdet.

Sist i simuleringssekvenserna studerar vi vad som händer om man varierar kabellängd/kabeltyp. Vårt utgångsläge är en kabel med mycket låg kapacitans. Det lägsta uppmätta vi hört talas om är 48pF mellan pickup och riaa, men det är exceptionellt lågt för 1.2 m kabel inkl kontaktering, internkablage i tonarm etc.



Variation av kapacitans i signalkablar. Med högre kabelkapacitans så kommer man få en hörbar resonans i övre diskantregistret. Med normala kabellängder bör man inte överstiga 100pF/m för att undvika att det menligt påverkar output. Räkna med att varje kontaktning adderar minst 10pF kapacitans.

Det är bara signalkablar C_{ic}-kablar mellan SUT och riaa som är varierat (56, 150, 300pF) i diagrammet. Vi har även testat variera tonarmskablar C_{ta}-kablar och phonokablar C_{ph}-kablar, men detta ger ingen som helst påverkan på frekvensgången före stepupen med aktuellt lindningsförhållande.

SIMULERING MED TESTBÄNK

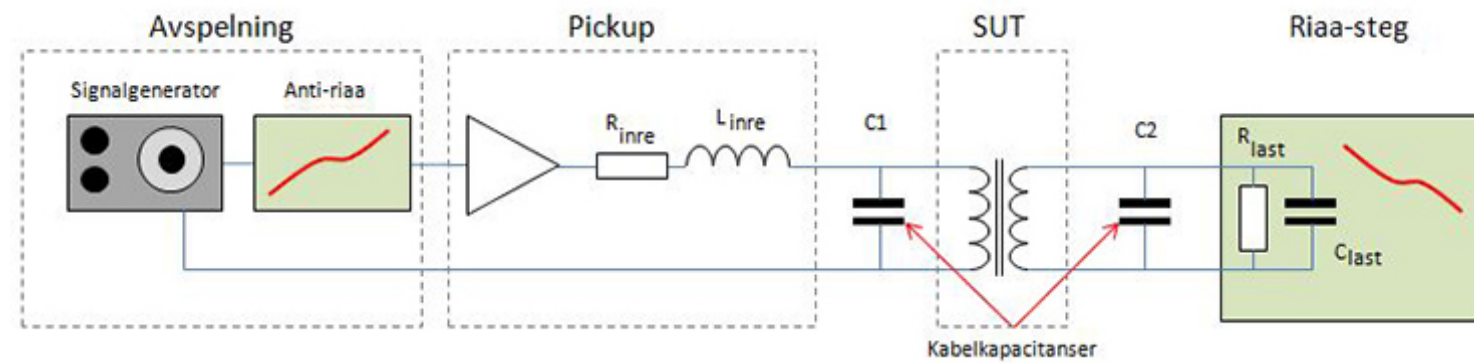
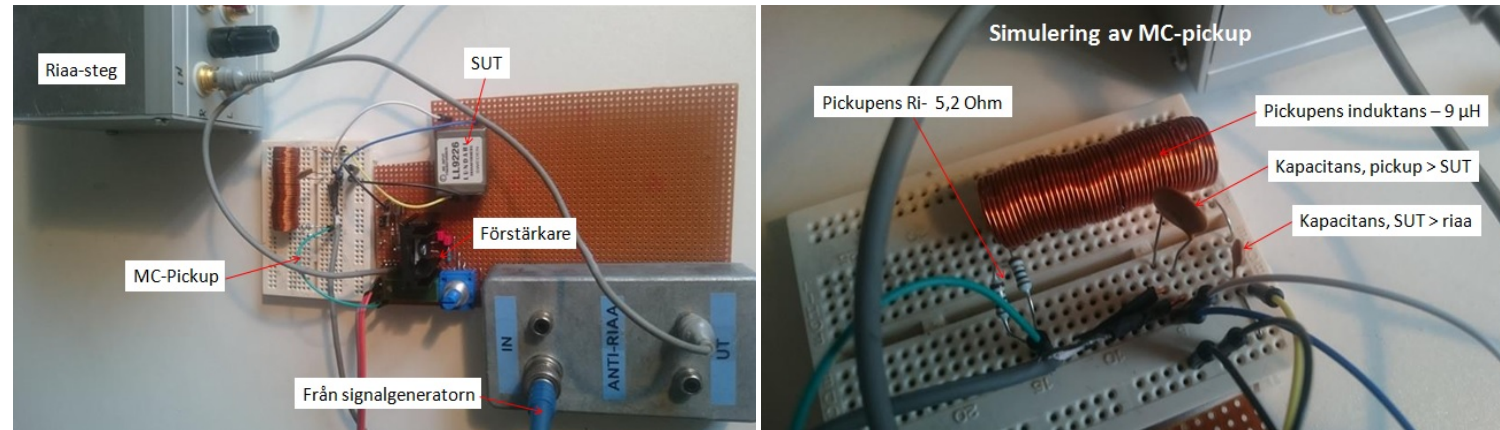


Illustration av testbänk. Förstärkarens 0,2 ohm + resistorerna på totalt 5,2 ohm ger ett R_{inre} på 5,4 ohm vilket är samma som en Lyra har. Induktorn består av 50 varv 0,8 mm koppartråd med en innerdiameter på 13 mm och en längd på 40 mm. Det ger teoretiskt en induktans på 9,1µH och en mätning avslöjade att teori och praktik stämmer hyfsat bra. Mätaren visade 8,9µH. SUT:ens sekundärsida jordas via riaa-steget och signalgeneratoren är också jordad.



Vi har gjort mätningar i testbänken, och även om vi har svårt att svepa en bit över 20kHz så är resultaten för kablarnas påverkan samstämmiga med simulering. Kabelkapacitansen mellan pickup och SUT påverkar bara marginellt och då väldigt högt upp i frekvens (>20 kHz) och den effekten kan man mildra med en något annorlunda belastningsimpedans. Däremot kommer kabelkapacitansen mellan SUT och riaa att ge en påverkan från 12-15 kHz och en bit uppåt.

Peo

Posted August 19, 2017

#16



Artikelgruppen
+ 346
652 posts

15. Den magnetiska kretsen

Vi har ganska ingående beskrivit att en transducer är beroende av egenskaperna i både den mekaniska och den elektriska kretsen. Men det finns en tredje spelare - den magnetiska kretsen. Magnetiska kretsar använder attraktionskraften mellan magnetiska poler och den spänning som produceras när reluktansen ändras. Transducern i en pickup (mc eller mm) består av en permanentmagnet som orsakar ett konstant magnetfält. Det magnetiska flödet är flödestätheten för en yta så att:

$$\Phi = B * A$$

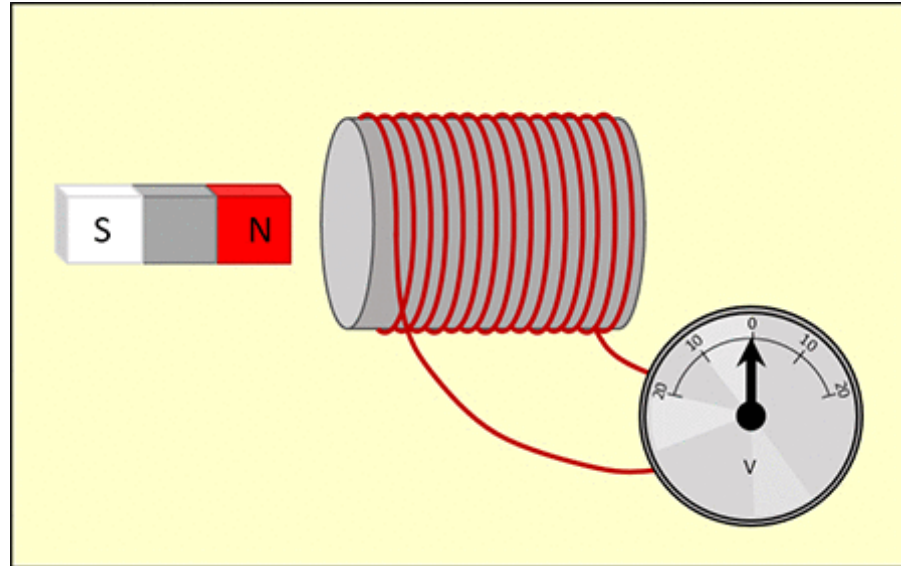
Som vi redogjorde för i avsnitt 3 och 12 så är spänningen som produceras när en ledare (spole) rör sig i ett magnetfält beroende på magnetfältets flödestäthet B , ledarens längd och hastighet:

$$u = Blv$$

Det magnetiska flödet beror av reluktansen och den magnetomotoriska kraften. Reluktansen är ett mått på hur stort magnetflödet i ett material kan bli (som ett motstånd i en elkrets eller en fjäder i en mekanisk krets). Inversen av reluktans kallas för permeans och är det man vanligen använder för att klassificera magneters "styrka". Permeansen kan skrivas:

$$P = \frac{\mu A}{l}$$

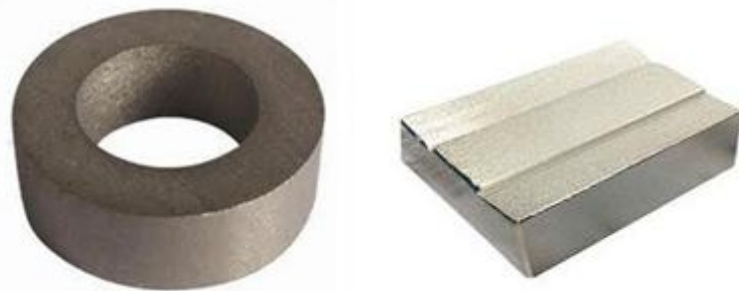
där A är den yta man betraktar, l är sträckan i magnetfältet och μ är magnetens permeabilitet. Enkelt uttryckt; ett magnetiskt material med hög permeabilitet kan ge ett starkare magnetfält. Som vi redovisat i avsnitt 11 (modulering) så används bara ett spänningvärde för varje tidsenhet för att beskriva både amplitud- och frekvensinnehåll i en ljudström. De enda egenskaper som primärt påverkar den magnetiska kretsen är alltså magnetfältets styrka, spolarnas längd och spolarnas hastighet i förhållande till magneterna.



Som vanligt är det samtidigt viktigt att kunna hålla nere både vikt och storlek på de ingående komponenterna. Det är således en helt avgörande faktor att välja bra magneter till en pickup. Vad är då *bra* magneter?

Exotiska magneter

En bra magnet har hög permeabilitet. Permeabilitet är definierad med enheten H/m (henry per meter), och den anges ofta i förhållande till tomrummets permeabilitet μ_0 som är 1.3×10^{-6} H/m. Koppar, silver, bly, aluminium, titan, palladium, platina och mangan har ungefär samma relativa permeabilitet som vacuum, luft eller syre, dvs $\mu_r \sim 1.00$. Dvs de är vad man kan kalla låg- eller medelpermeabla alternativt omagnetiska. Högerpermeabla material utgörs av järn, nickel, kobolt och en rad *rare earth materials*. Man kan tillverka mycket starka magneter såsom legeringar av neodym-järn-bor och samarium-kobolt som har en relativ permeabilitet uppåt 1.15.



Sintrade samarium-kobolt- respektive neodym-järn-bormagneter. Foton: Euke MagTech

Det vi i dagligt tal kallar neodymmagneter är en mix av neodym, järn och bor som formar legeringen $Nd_2Fe_{14}B$ till en tetragonal kristallin struktur. Neodymmagneten upptäcktes av **General Motors** och **Sumitomo Special Metals** 1982 medan de undersökte alternativ till de dyra samarium-koboltmagneterna. Idag finns de i allt från mobiltelefoner, bilar, turbiner, datorer och dörrstängare. Kina dominerar helt tillverknigen eftersom den mesta neodym man känner till finns där. För en 6-7 år sedan chockade Kinas regering världsmarknaden genom att decimera exportkvoten på magneter och dramatiskt höja priserna. USA drev rättsfall där man hävdade att Kina bröt mot internationella handelslagar, och USA vann målet 2015.



Kina utvinner över 95% av världens ovanliga jordmineraler. Foto: The Telegraph



En massiv bit samarium. Foto: Sciencemadness

Kraften som en magnet kan hålla emot kallas för magnetisk fältstyrka ($B_{H_{max}}$) och mäts i enheten oersted efter den danske fysikern Hans Christian Ørsted. Kraften är som störst parallellt med magnetiseringens riktning. 1 MGOe (megagauss-oersted) är ca 8000 J/m^3 . Neodym- och samarium-koboltmagneter har en fältstyrka uppåt 35 MGOe, medan ferriter ligger mellan 1 - 5 MGOe. Dessa ovanliga magneter är alltså flera tiotal gånger starkare än vanliga magneter.

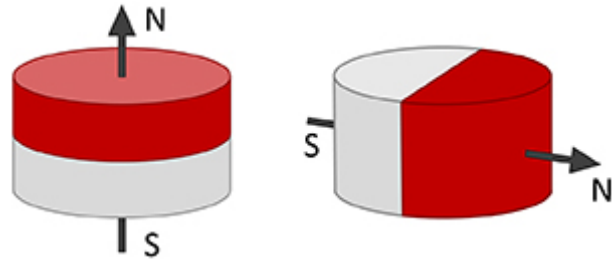


Stora alnicomagneter i Fostex driver FE138ES-R. Bild: Audiounion.

Alnicomagneter, som är vanliga i högtalarelement, är en järnlegering med tillsats av aluminium, nickel och kobolt (Al-Ni-Co). Den kan både gjutas och sintras, men är inte alls så stark som neodym eller samarium-kobolt. De är dock mycket billigare och det finns gjutna alnicomagneter som har en fältstyrka uppåt 12 MGOe. De starkaste alnicomagneterna väger ungefär lika mycket som kobolt-samarium och neodym, dvs 7-8 ton/ m^3 . Det finns även keramiska magneter, men de används vad vi vet inte för pickuper.

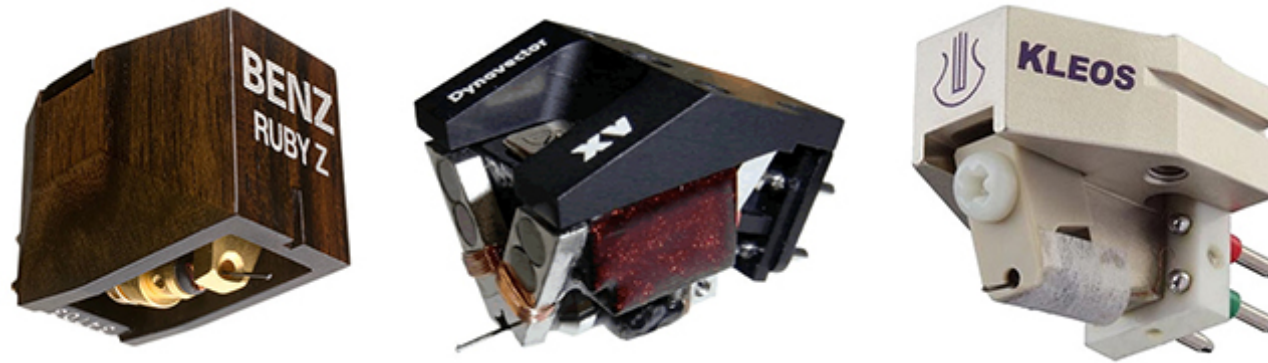
Riktat magnetfält

Förutom att magnetfältet måste vara starkt för att ge tillräcklig output, så måste det vara jämnt i förhållande till spolarnas rörelse. Magneter är anisotropa, dvs de har olika egenskaper i olika riktningar, och de magnetiseras vanligtvis axiellt eller diametralt för cylindriska magneter, eller rätvinkligt i förhållande till någon yta beroende på magnetens form. De flesta magneter har en föredragen riktning för magnetisering som beror på materialets kristallstruktur.



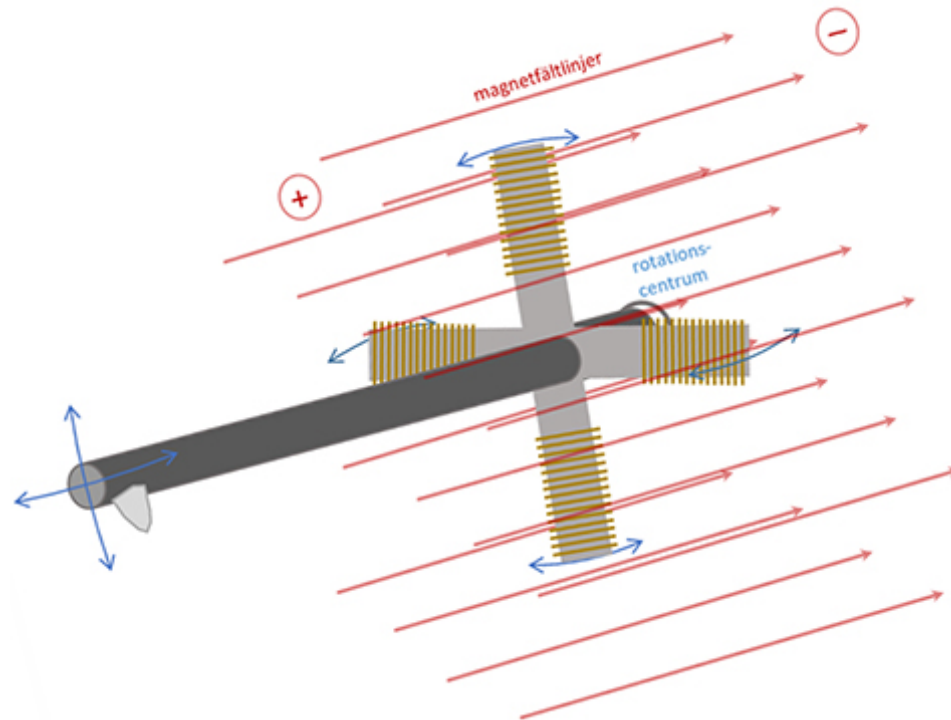
Till vänster axiell magnetisering, till höger diametral magnetisering.

Traditionellt har man i en pickup ett ok med polstycken på ömse sidor av en stor magnet, som formas så att magnetfältet blir linjärt över spolarna. Polstycken används för att förlänga magnetens poler och för att rikta magnetfältet. Idag är det vanligt med så kallade oklösa magneter (yokeless), där man i stället sätter en magnet framför och en bakom spolarna.



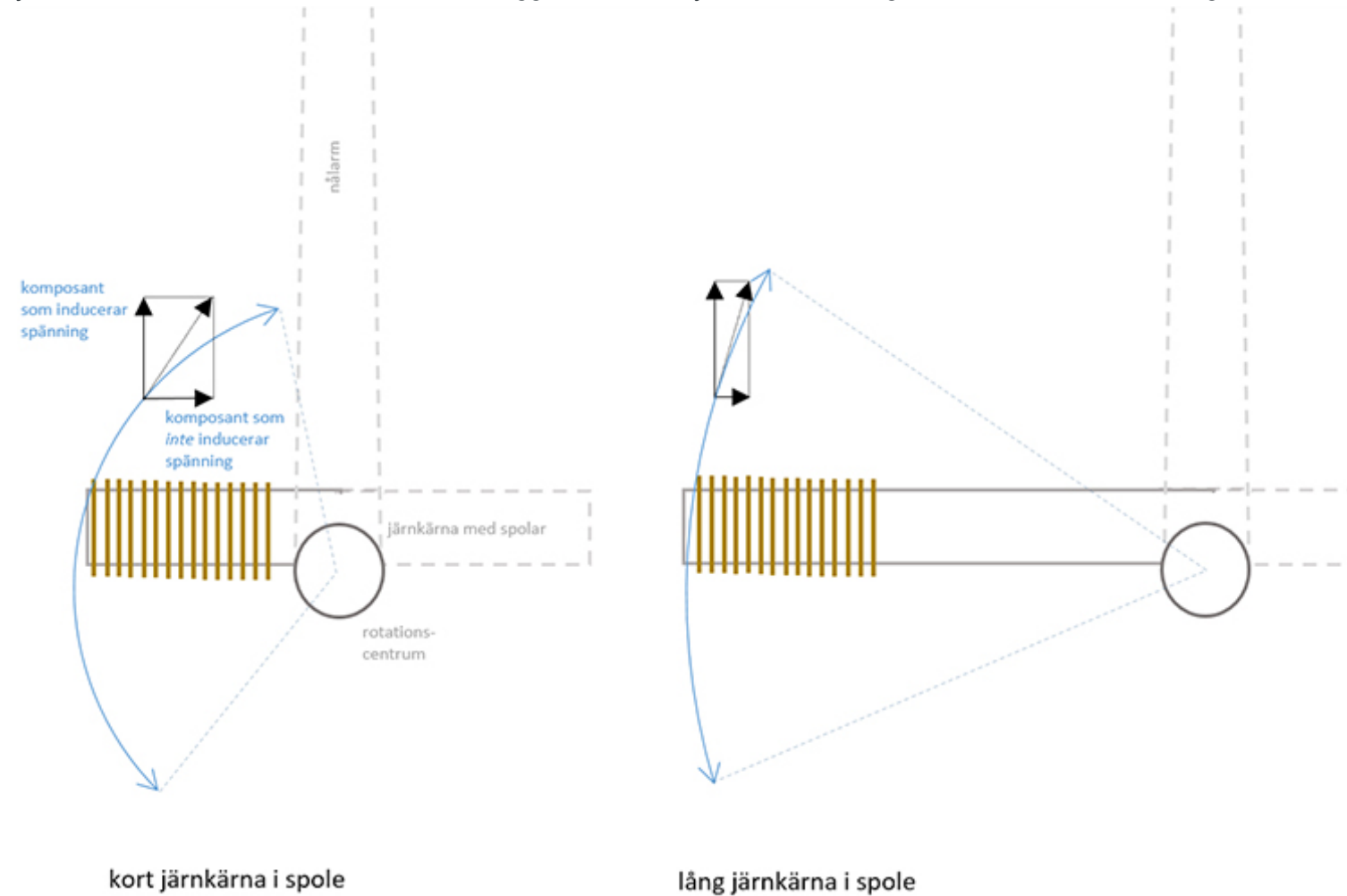
Till vänster en Benz Ruby med förgyllda polstycken. I mitten en Dynavector XV-1s med polstycken och en kombination av stora och små alnicomagneter. Till höger en yokeless Lyra Kleos med dubbla magneter.

Om vi rekapitulerar från avsnittet om pickuper så är det hastigheten i fältlinjernas riktning som skapar utspänning. Vinkelrätt mot fältlinjerna sker ingen induktion.



Om en ren stereoton avläses av nålen så kommer ett par av spolarna ha en konstant hastighet längs en radie från spolarnas rotationscentrum. Denna hastighet inducerar bara spänning för den komponent som är parallell med fältlinjerna. Alltså borde avläsningen bli exaktare ju större radie man har på spolarnas

järnkärna. Inverkan av att rotationscentrum ligger en bit ifrån järnkärnans axel ger också mindre felavläsning om radien ökas.



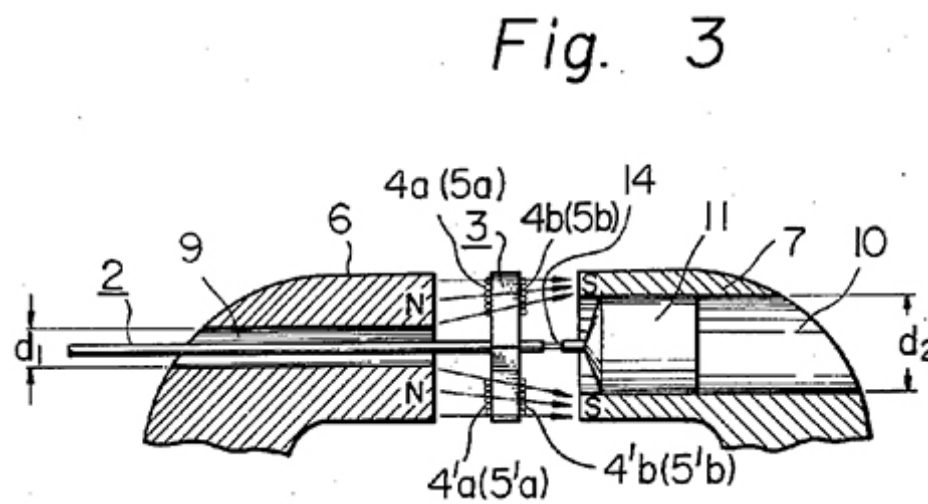
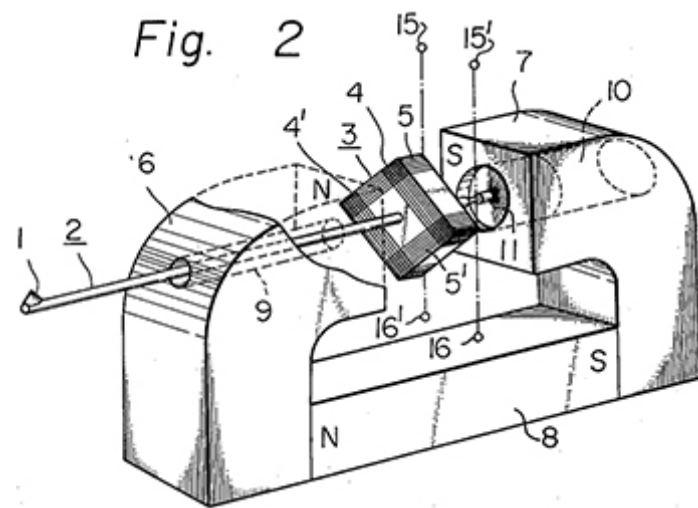
Dessutom blir utväxlingen mellan nålarmens längd och järnkärnans längd större, vilket ger högre output. **MEN**, det ökar generatorns tröghet, vilket till viss del kan kompenseras med färre varv på spolen eller tunnare/lättare järnkärna. Rörelseenergin $E = I \omega^2 / 2$, där

- I är tröghetsmomentet $I = r^2 m$.
- r är radien mellan rotationscentrum och masscentrum.
- m är massan av spole och järnkärna.
- ω är vinkelhastigheten $\omega = v / r$ där v är hastigheten i tangentens riktning vid radien r .

Vi måste anta att vi har samma vinkelhastighet ω , den bestäms ju av nålarmens längd mellan nålspets och rotationscentrum. Det innebär att om man dubblar radien så kan man dela massan med 4 för att bibehålla samma rörelseenergi. Om man bibehåller samma rörelseenergi (dubbla radien och dela massan med 4) så får man således dubbel hastighet som dessutom ligger mer parallellt med fältlinjerna.

Dynavector har gjort en sådan konstruktion i Karat 17D2, men vi är inte säkra på att den direkta anledningen är utväxlingen. De menar att utvecklingen kommer av dispersionsberäkningar där de jämför en konventionell nålarm med en mycket mindre (1.7mm lång) nålarm i diamant. I dispersionsteori studerar man de modulerade vibrationernas uppdelning i de våglängder som förekommer i nålarmen, ungefär som att titta på ljus genom ett prisma. Endast en mycket liten fluktuation i magnetflöde kommer påverka kraften (och således spänningen) i gapet där spolarna sitter, och detta ger IM-distorsion. Detta blir speciellt tydligt när man använder högenergimagneter som neodym och samarium-kobolt eftersom dessa har mycket hög permeabilitet. Däremot har Dynavector (likt många andra) ägnat mycket kraft åt att tämja och fokusera magnetfältet, tex med en så kallad flux damper och en teknik de kallar *softened magnetism* (ung. magnetismdämpning). Båda är patenterade.

Den här typen av kompromisser, finurligheter och vidareutveckling har pågått sedan fonografen uppfanns. Nedan är en patentansökan (US 3963880 A) från **Isamu Ikeda** från 1976. Det framgår att man eftersträvar *skillnad i magnetism* mellan polerna för respektive par spolar. Den ena polen hamnar helt enkelt i ett område med lägre flödestäthet än den andra polen. Det ena paret spolar läser ju lateral modulering, och det andra läser vertikal modulering. Och det är (såklart) samma önskvärda fenomen för båda.



Bilder från patentansökan från Isamu Ikeda 1976.

En annan variant är en patentansökan US4488284 A av **Akira Matuki**. Där har man dels gjort kärnan som spolarna lindas på magnetisk så att fältet ändras under drift. Dels har man snidat, rundat och vinklat de magnetiska delarna så att man styr magnetfältets styrka och riktning.

FIG. 4

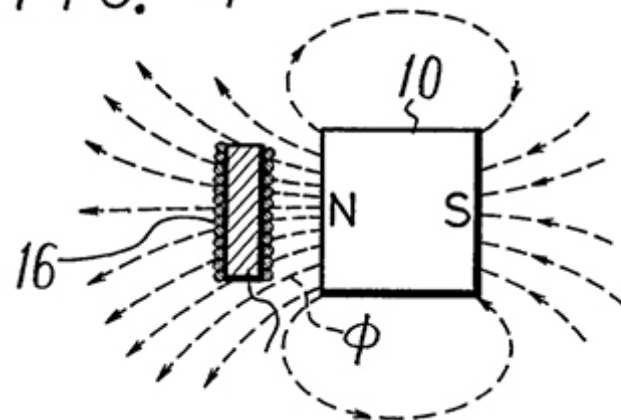
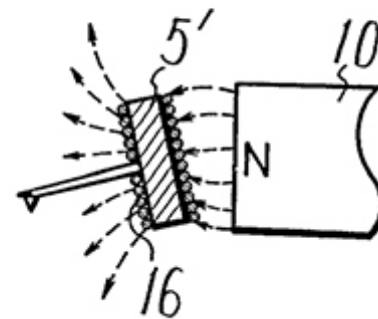


FIG. 5A



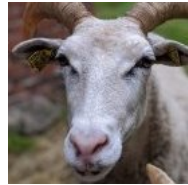
Patentansökan av Akira Matuki från 1982. Fig 4 traditionell generator med omagnetisk kärna, Fig 5A - 5C ny design med magnetisk kärna.

Jaha, men vad är då bra magneter?

Att konstruera den magnetiska kretsen handlar alltså väldigt mycket om att välja starka magneter, utforma delkomponenterna i den magnetiska kretsen så att fältlinjerna ligger optimalt, dels så att man får hög flödestäthet, dels så att man får en jämnhet inom det område spolarna rör sig. Detta får dock inte göras så att massan blir för hög eller styvheten i nålarmen för låg. En stark magnet som byggs in så att magnetfältet blir optimalt riktat gör alltså att man kan ha färre varv på spolarna för att generera samma utspänning. Det gör att de rörliga delarna i en mc-generator kan utformas slankare med mindre tröghet och därmed ge en exaktare avläsning med lägre distorsion. Det har även påståtts att olika magneter i samma konstruktion ger olika ljudsignatur, och det beror såklart på att man ändrar magnetfältets egenskaper. Knappast att magneter har en slags inneboende klang som färgar signalen 😊

Men vi vet inte riktigt om det egentligen går att kategorisera bra och mindre bra magneter. Det är nog inte en kostnadsfråga utan mer en designfilosofi och i vissa fall kanske mbs. En del använder alnicomagneter även i sina finaste pickup. För Lyra skulle det aldrig komma på tal, och det stämmer kanske för Jonathan Carrs principer. Ortofon är lite åt samma håll och använder mycket små neodymmagneter i sina toppmodeller ihop med i princip omagnetisk kärna i spolarna. Både Van den Hul och Dynavector verkar prova sig fram från modell till modell och har till och med blandat magnettyper i en och samma pickup. De är inte alls så rigida. Både AJ vdH och Dr Tominari har ägnat sig mer åt hur magneterna används och riktas för att minska reluktansen och göra fältet linjärt (dubbla bakre polstycken, flux dampers, softened magnetism etc). Tominaris bakgrund som professor på Tokyo University är inom området magnetism, vilket kanske visar betydelsen av förståelse för området inom pickupdesign. Benz använder kraftfulla neodymmagneter och spol kärnor av rubin för att inte påverka generatorn under gång.

När det gäller moving magnet-pickuper, så är såklart magneternas vikt helt avgörande eftersom rörlig vikt tillför tröghet. En annan svårighet med MM är att kunna rikta fältet eftersom magnetens placering inte är helt godtycklig, den behöver liksom sitta i änden på nålarmen. Men den kanske svåraste nöten är att fältet inte ska påverkas av annat magnetiskt material i närheten eftersom fältet då ändras när generatorn arbetar.



Artikelgruppen

+ 256

833 posts

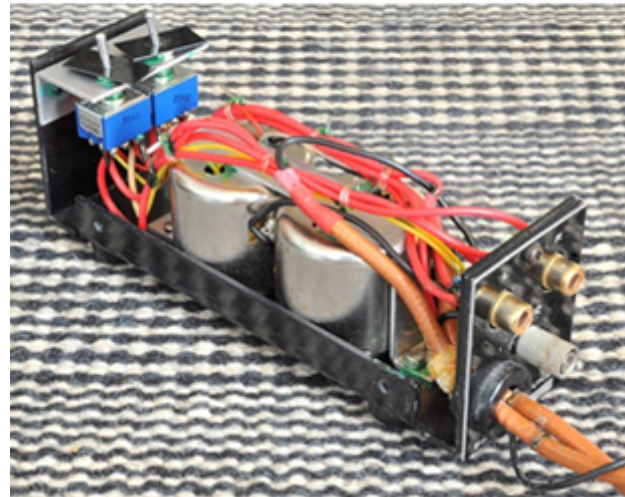
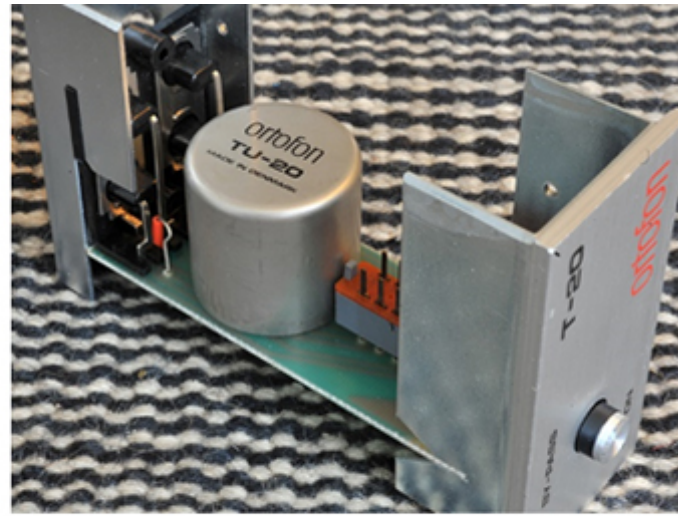
16. Simulering med stepup-transformator - SUT

Stepuptransformatorn, stepup-transformatorn eller step-up-transformatorn beskrivs i [avsnitt 9](#).

Vid val av SUT finns det två målsättningar:

- att skapa tillräcklig utspänning för att riaat ska kunna förstärka så brusfritt som möjligt, och
- att impedansmatcha pu+sut+kablage för att få rak output inom audiobandet.

För att kunna simulera hela kretsen med rätt egenskaper för SUT så har vi mätt på några olika varianter. En **LL9226** med omkopplingsbar lindningsratio 1:10 (20dB) och 1:20 (26dB), en **Dynavector DV6A** med 1:13 (22dB) och en **Ortofon T-20** med 1:40 (32dB). Stort tack till **Per Lundahl** på Lundahl Transformers och till **Vinylcalle** på Rehifi för utlån av transformatorer 😊



De tre mätobjekten.

[Datablad](#)

LL9226: <http://www.lundahl.se/wp-content/uploads/datasheets/9226.pdf>

Ortofon T-20: http://www.euphonia-audioforum.se/callegjr/Artiklar/Vinyl/ortofon_t-20.pdf

Dynavector DV6A: http://www.euphonia-audioforum.se/callegjr/Artiklar/Vinyl/dynavector_brochure.pdf

Beskrivning av mätprocedur

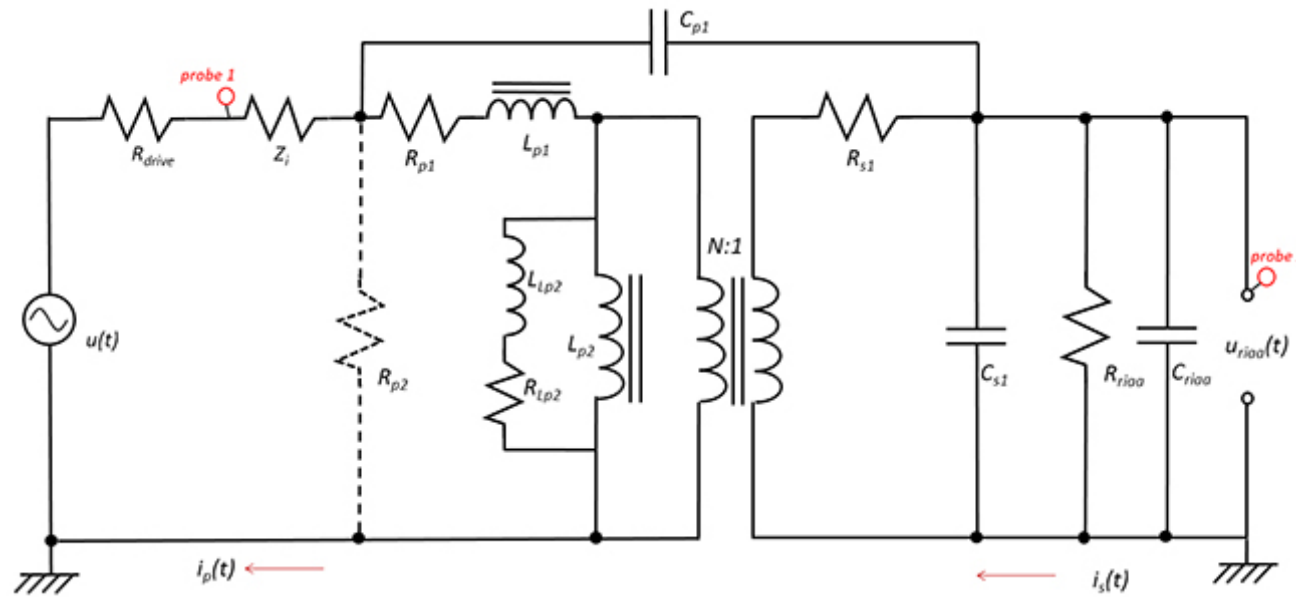
En nätverksanalysator har använts för att extrahera olika egenskaper hos transformatorerna, exempelvis lindningsratio, resistanser, kapacitans och induktans. Vi har genomgående vid varje mätning kalibrerat probarna för att få en bra mätning. Trots det ger varje mätning lite olika resultat.

Det är möjligt att mäta enskilda egenskaper vid olika testuppsättningar, exempelvis kan magnetiserings- och läckinduktans och kapacitans mätas via en enportsmätning där nätverksanalysatorn kan extrahera kapacitans, induktans och resistans. För att åstadkomma en SPICE-modell har dessa mätningar inte kunnat användas fullt ut då värdet på

många av parasitkomponenterna är frekvensberoende, vilket introducerar stora fel vid simulering av överföringsfunktionen från ingång till utgång. Därför har en modell för varje trafo tagits fram där vissa komponenter kunnat väljas genom enportsmätningar, och där vissa komponenter avpassats för att åstadkomma en 'curve fit' mot en mätning av överföringsfunktionen $H(s) = u_{riaa}(t)/u(t)$ med en last på sekundärsidan bestående av hålmonterad metallfilmsresistor på 47 kOhm (R_{riaa}) parallellt med två keramiska kondensatorer med 2x47 pF (C_{riaa}). Vi har testat med en 100pF (1%) filmkondensator för att öka noggrannheten i mätningen, men det blev svårare att få till en bra jämförelse mellan simulering och mätning, då de keramiska kondensatorerna gav en tydligare resonanstopp vid 100-200kHz på mätningar då detta testades.



Mätningar med 0 ohm Z_i med olika kondensatorer som last.



Schema för mätupställning



Vi låter en nätverksanalysator skicka en excitering med en frekvens. Mottagarna har ett filter så att man endast ser resultatet vid aktuell frekvens. Vi extraherar impedans, magnitud och fas för varje frekvens. Bild: datatech.de

Instrumentet har en utimpedans på 50ohm vilket noteras som R_{drive} i bilden ovan. Dessutom har alla transformatorer testats mot olika drivresistanser, Z_i . Dessa är valda utifrån rekommendationer från aktuellt datablad.

Lindningsration N är med största sannolikhet inte exakt enligt datablad på de olika transformatorerna, utan värdena har avpassats mot mätningar.

Lindningsresistans, R_{p1} , R_{s1} : Den tillgängliga nätverksanalysatorn går inte tillräckligt långt ner i frekvens för att kunna anses som DC för transformatorn. Troligtvis bör man ha en nätverksanalysator med betydligt lägre lägsta frekvens för att direkt kunna mäta R_{p1} , R_{s1} än som funnits tillgängligt. Data i modellen har därför tagits från databladet om det är angivet, annars har det uppskattats från mätningar av magnituden av impedans och induktans vid låga frekvenser.

Primär magnetiseringsinduktans, L_{p2} : Magnetiseringsinduktansen är olinjär med ett förhållandevis högt startvärde, för att avta snabbt och sedan plana ut. Vi uppskattar att den avtar proportionellt mot 1/frekvens. En komponents värde kan dock inte modelleras på detta sätt i SPICE. För de transformatorer där detta gett utslag i mätningarna av överföringsfunktionen $u_{riaa}(t)/u(t)$ (LL9226 kopplat i 1:10 och 1:20) har två seriekopplade komponenter, L_{p2} och R_{Lp2} , lagts till parallellt med L_{p2} för att simulera en avtagande induktans. Dessa värden är valda så att överföringsfunktionen stämmer någorlunda delvis mot simuleringarna mot låga frekvenser. Detta är simulerat med olika värden på Z_i med 0 ohm, 27 ohm och 47 ohm när man jämför skillnaden i magnitud vid 20Hz och 10kHz. Detta är egentligen en mindre bra modell, felen under 100Hz är förhållandevis stora. Vi har labbat med lite mer avancerade modeller men ej funnit tillfredsställande resultat. För Dynavec DV6A och Ortofon T-20 har tillräckligt goda resultat uppnåtts genom att modellera magnetiseringsinduktansen som en ren induktans.

Primär läckinduktans, L_{p1} : kan mätas direkt. Läckinduktansen visar liknande egenskaper som magnetiseringsinduktans. Snabbt avtagande från ett relativt högt startvärde för att senare plana ut. Värdet som använts i modellen är när mätningen planar ut från ungefär 1kHz till 100kHz.

Sekundärkapacitans, C_{s1} : Med direkt mätning mäter vi upp ett värde som då det använts i modellen ger en för tidig avrullning. Då C_{riaa} är känd (storleksordningen +/- 5%) har kapacitansen avpassats så att resonanstoppen och avrullning blir någorlunda rätt jämfört med mätning.

Primärkapacitans : Som ovanstående är det svårt att få till en direkt mätning fastän flera olika mätningar har gjorts.. Denna är dock inte synlig vid mätning av överföringsfunktionen. Vi har valt att inte ta med den i modellen men man kan skatta den till 10pF eller nåt om man skulle vilja ta med den.

Primär-Sekundär lindningskapacitans, C_{p1} : Lindningskapacitansen över primär-sekundär har avpassats så att en dipp runt 1-3 MHz överensstämmer med mätningarna.

Man kan notera att vid direktmätning har kapacitanser mätts upp till i storleksordningen 100-300pF. Använder man dessa värden i SPICE-modellen blir jämförelse mot mätning från ingång till utgång direkt fel. Detta behöver såklart inte betyda att mätningen av kapacitanserna visar fel. I SPICEmodellen har magnetisering och läckinduktansen avpassats så att de ger förhållandevis bra överensstämmelse vid lägre frekvenser. Vid högre frekvenser är det sannolikt att värdet avtagit signifikant. Det har dock inte tagits i beaktande och därför blir kapacitanserna i modellen underestimerade. Alltså; värdena på kapacitanserna "blir vad de blir" för att ge hyfsat bra anpassning.

Komponentvärden baserat på mätningar och datablad

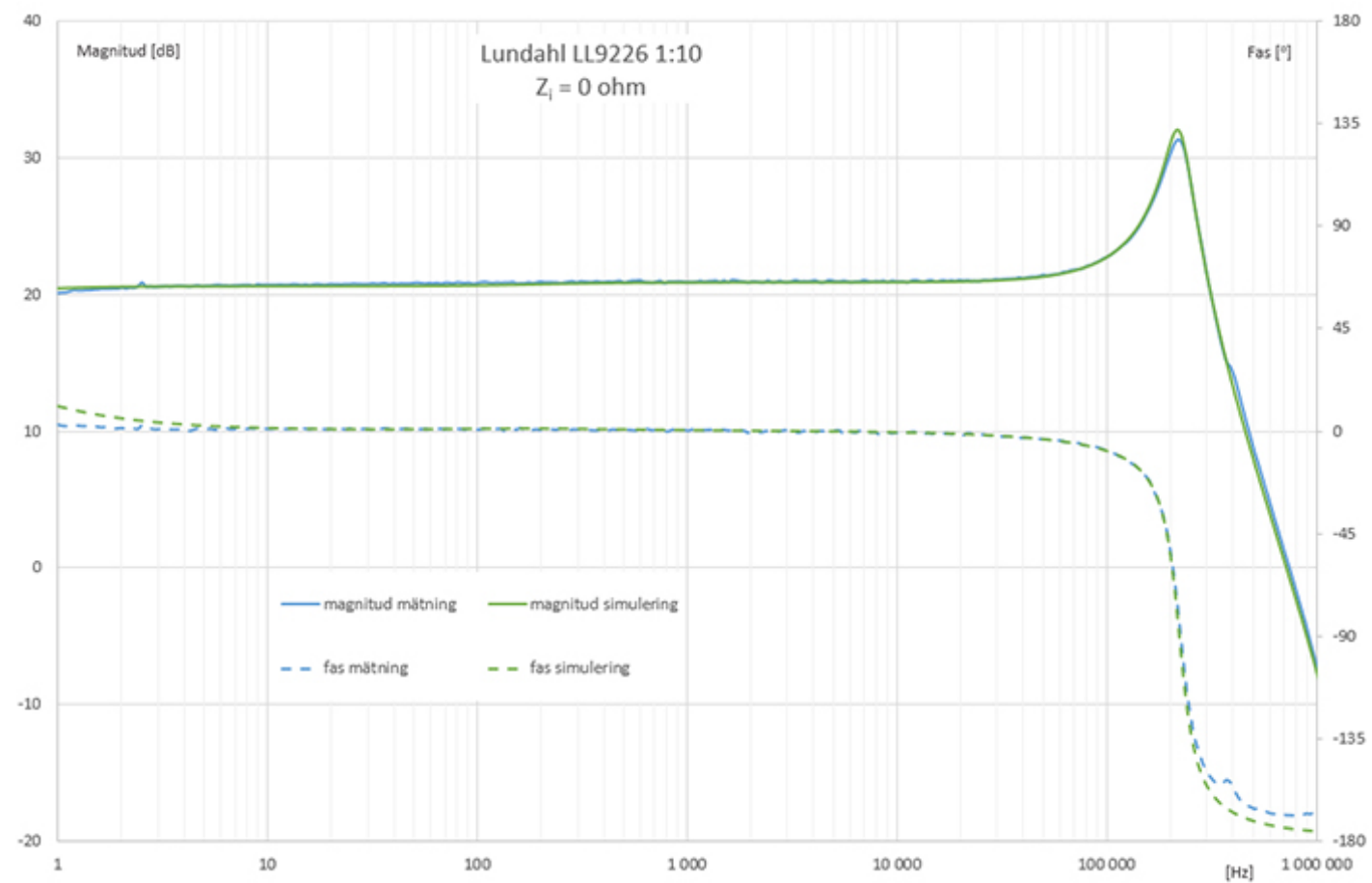
	Angiven omsättning	Rek käll-impedans [Ω]	N	C_{p1}	R_{p1}	L_{p1}	R_{p2}	Magnetiseringsinduktans			R_{s1}	C_{s1}
								L_{p2}	L_{lp2}	R_{lp2}		
			[-]	[F]	[Ω]	[H]	[Ω]	[H]	[H]	[Ω]	[Ω]	[F]
Lundahl LL9226	1:10	< 50	11	22×10^{-12}	5	26×10^{-6}	-	4	0,13	150	260	3×10^{-12}
	1:20	< 25	23	22×10^{-12}	1	9×10^{-6}	-	1	0,035	37	260	30×10^{-12}
Ortofon T20	1:40	2 - 4	44	35×10^{-12}	1	3×10^{-6}	-	0,3	-	-	116	40×10^{-12}
Dynavector DV6A	1:13	3 - 40	13	50×10^{-12}	1	10×10^{-6}	10	0,87	-	-	540	120×10^{-12}

Jämförelse mellan mätresultat och spicemodell av mätupställning

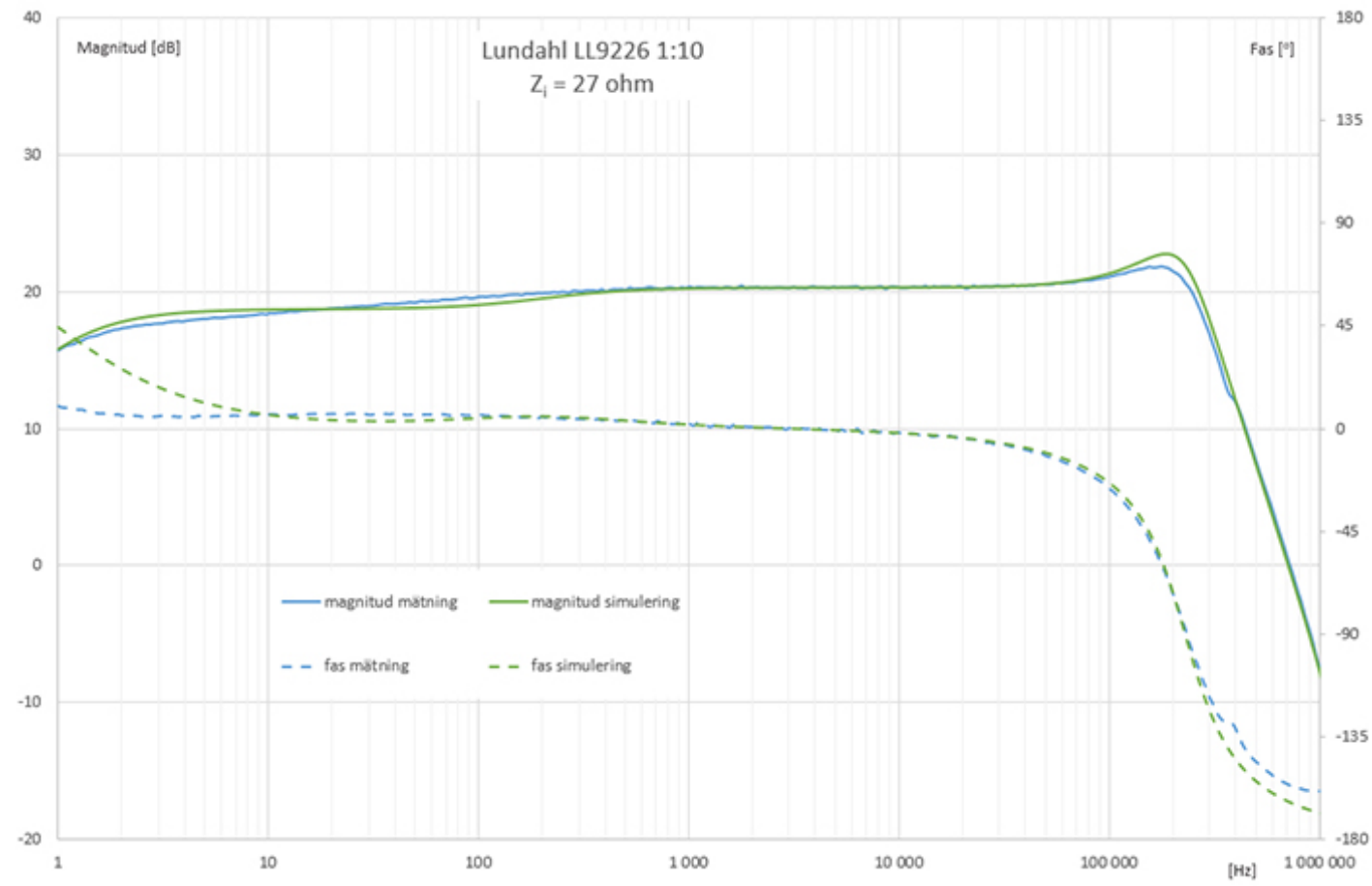
I nedanstående bilder är mätresultaten jämförda med simuleringens resultat från spicemodellering. Blå plottar är mätning och gröna är simulering. Man kan se att modellen stämmer hyfsat bra från 20Hz till ungefär 2MHz. Efter det kollapsar modellen, men det finns ändå inget levande som hör så höga frekvenser så vi har valt att redovisa till 1 MHz.

Lundahl LL9226 1:10

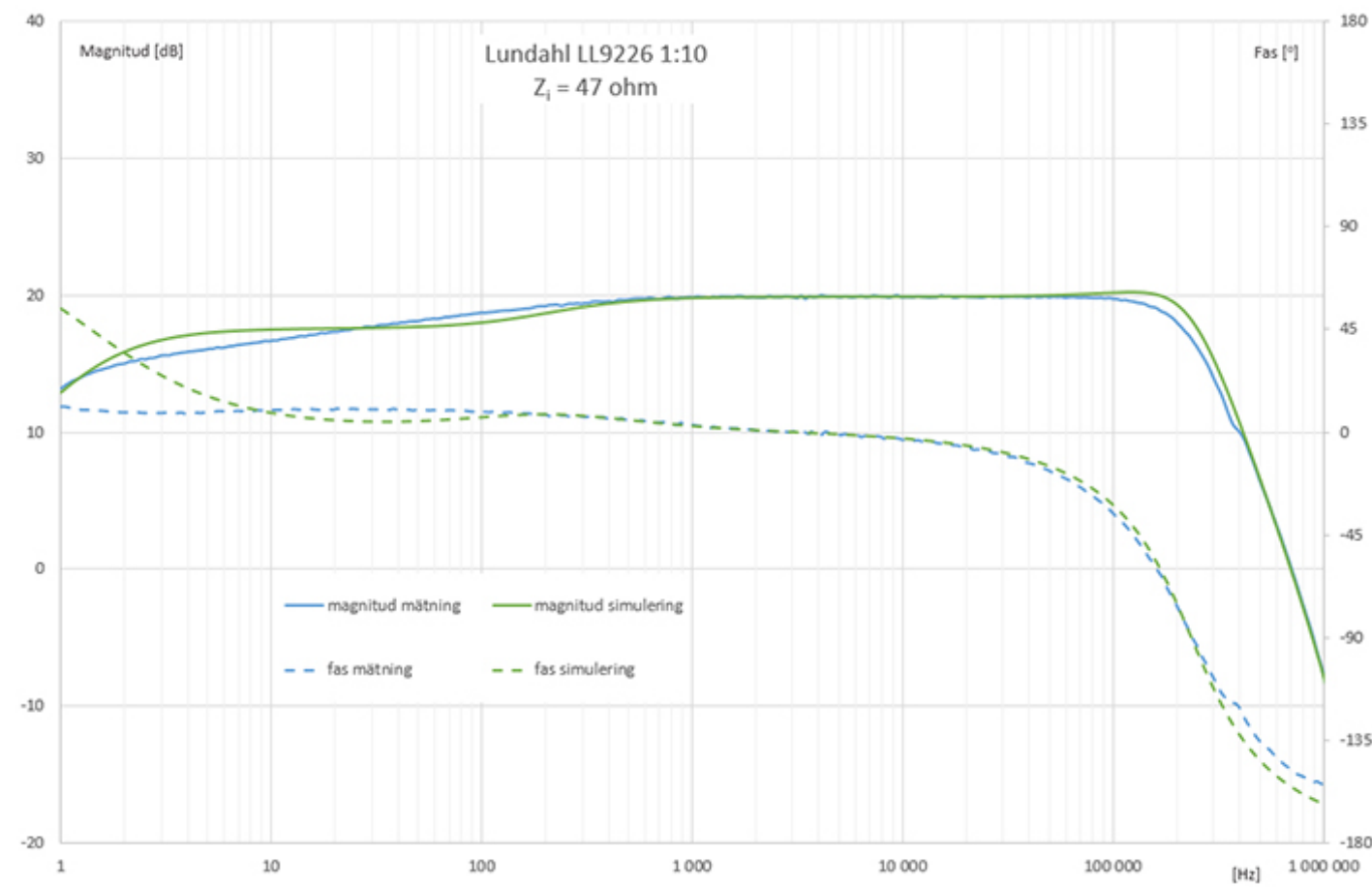
Exempel med tre olika val av källimpedans, $Z_i=0, 27$ och 47 ohm, och lindningsratio 1:10:



LL9226 1:10. 0 ohm källimpedans



LL9226 1:10. 27 ohm källimpedans

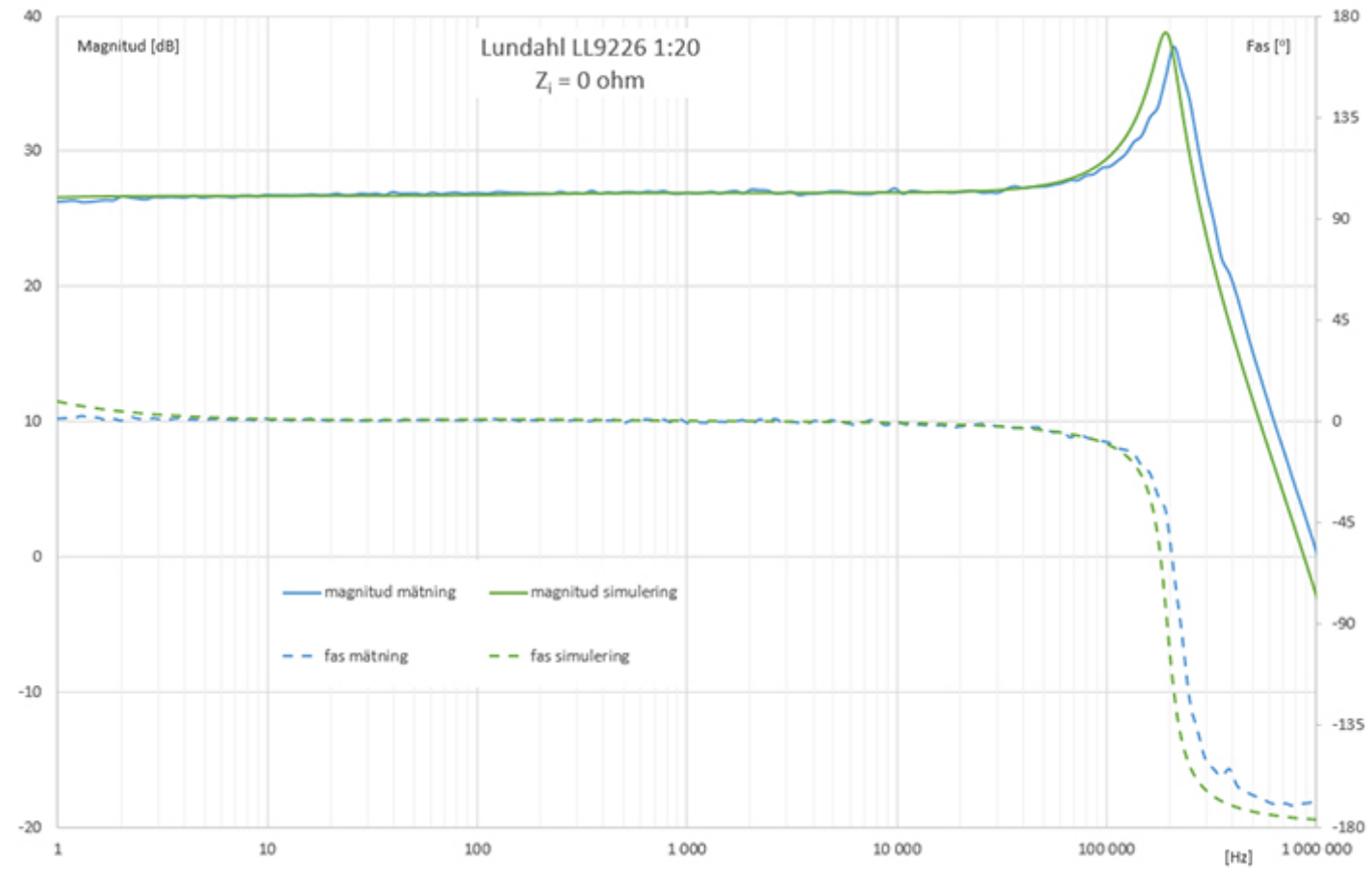


LL9226 1:10. 47 ohm källimpedans

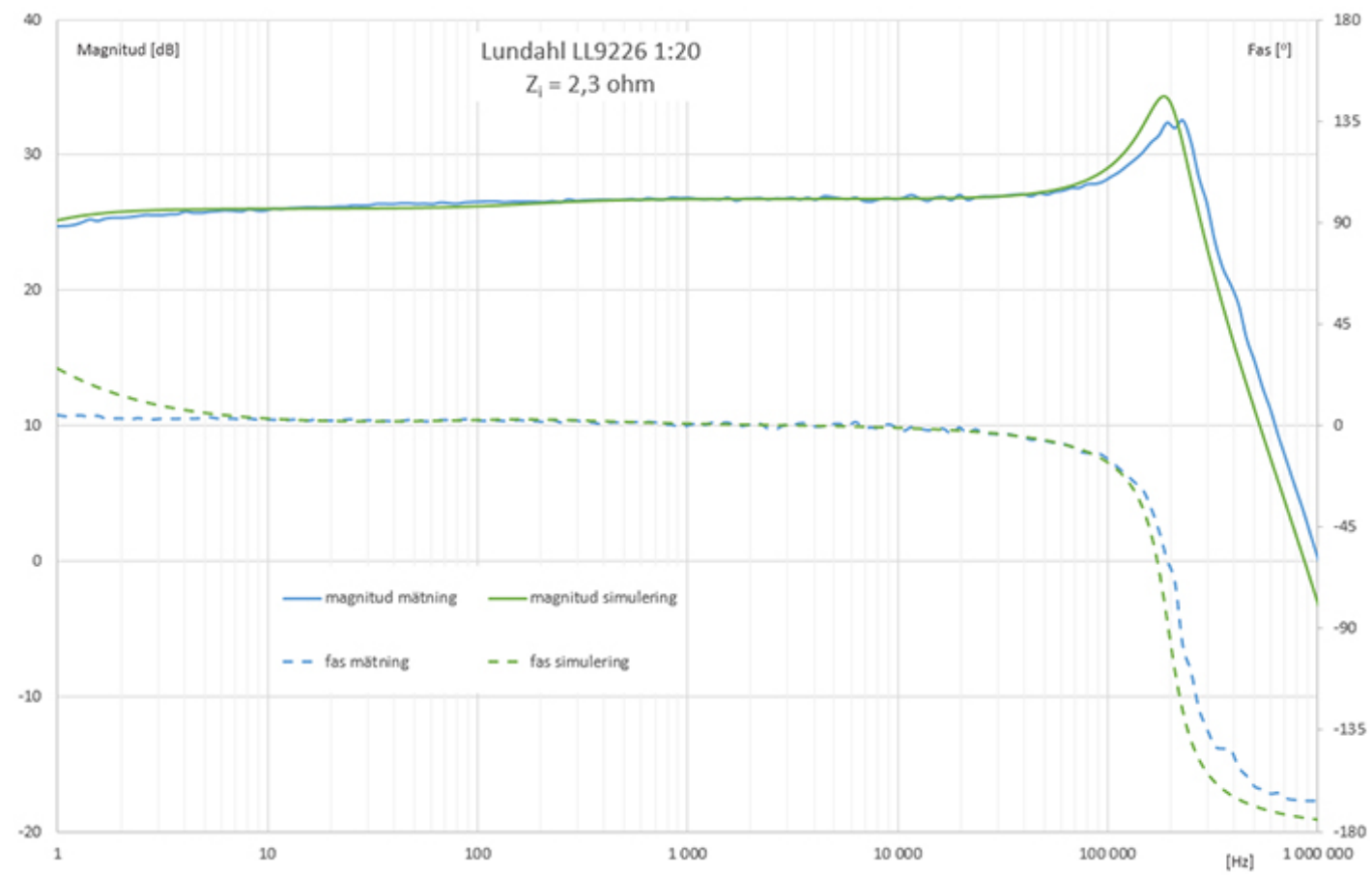
Kommentar: LL9226 kopplad 1:10 är mycket linjär i hela audiobandet för källimpedanser upp till över 25 ohm. Den kommer fungera tillfredsställande ända upp till 50 ohm, och vi ser inte heller några fasvridningar. Denna stepup kommer inte interferera med mekaniska resonanser för någon normal pickup som har måttlig internimpedans.

Lundahl LL9226 1:20

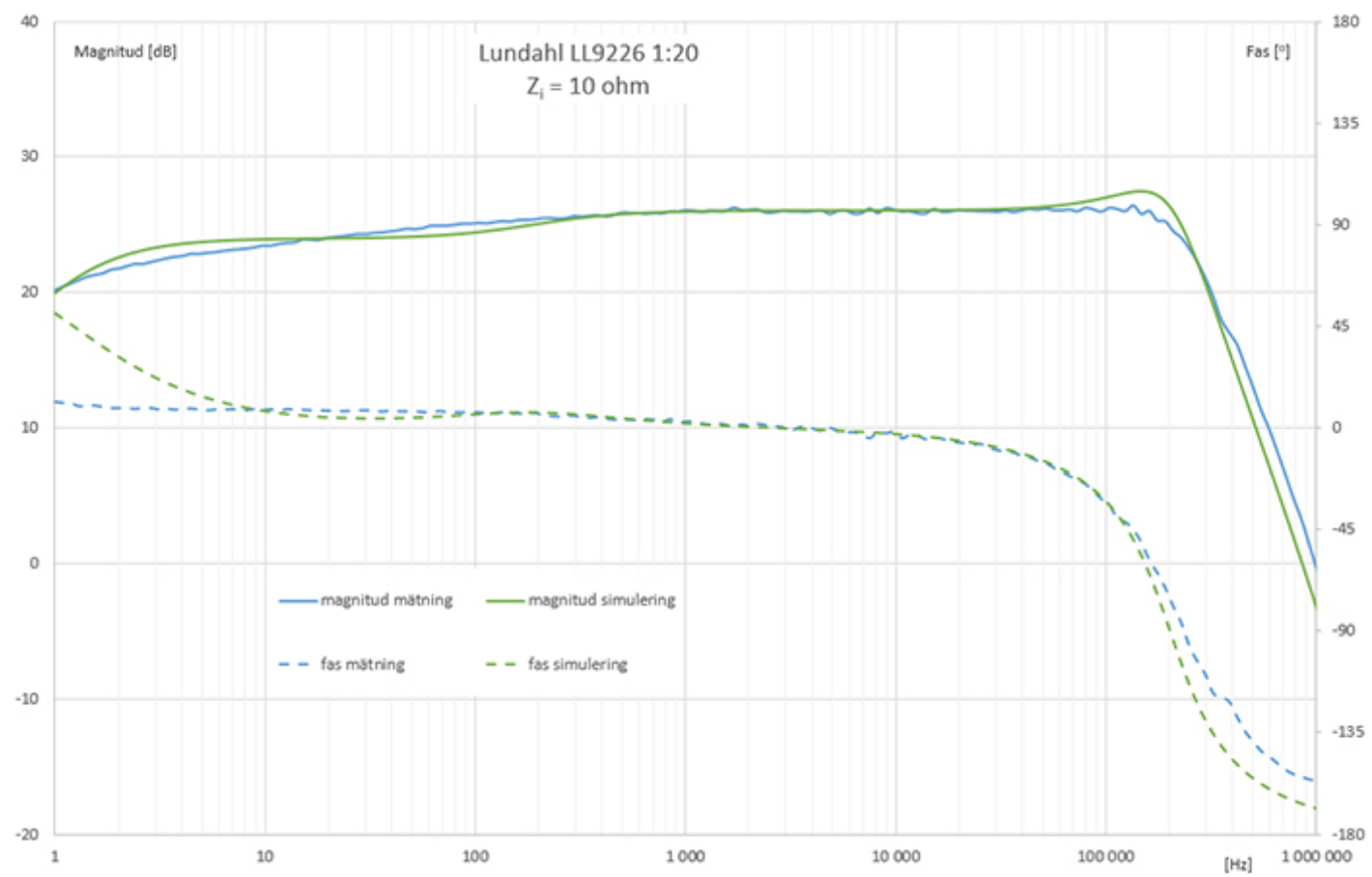
Exempel med fyra olika val av källimpedans, $Z_i=0, 2.3, 10$ och 24.8 ohm, och lindningsratio 1:20:



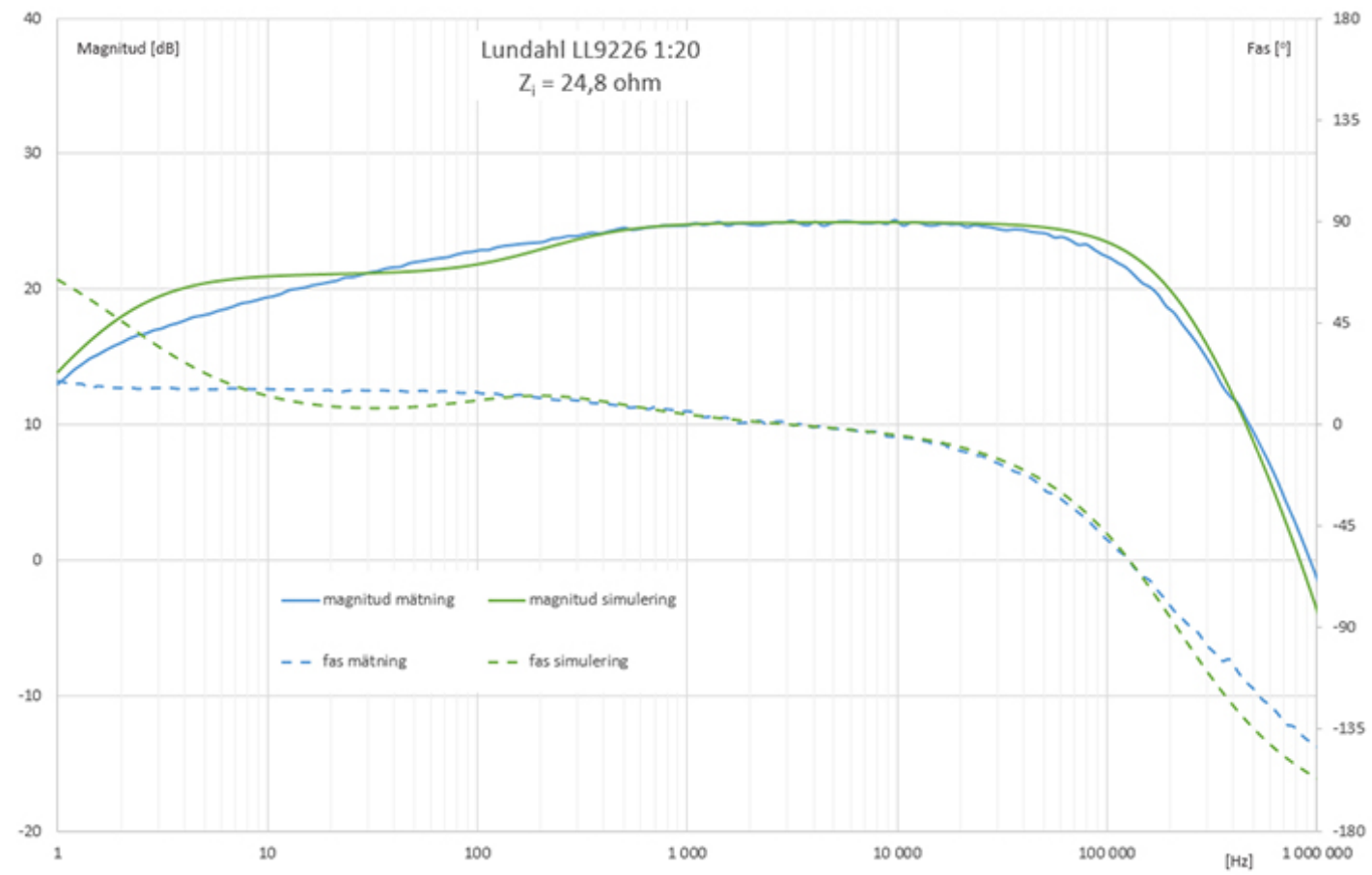
LL9226 1:20. 0 ohm källimpedans



LL9226 1:20. 2.3 ohm källimpedans



LL9226 1:20. 10 ohm källimpedans

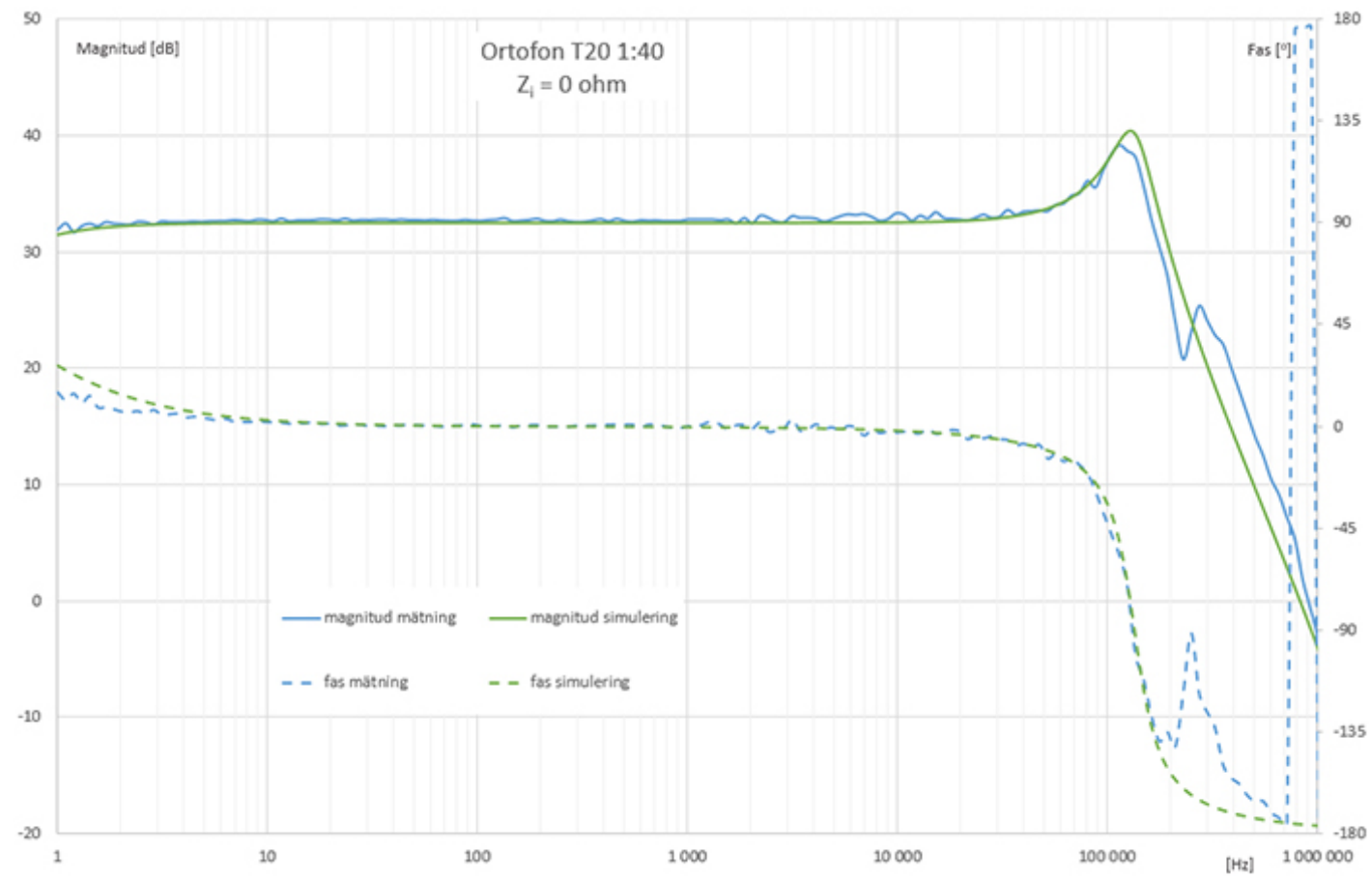


LL9226 1:20. 24.8 ohm källimpedans

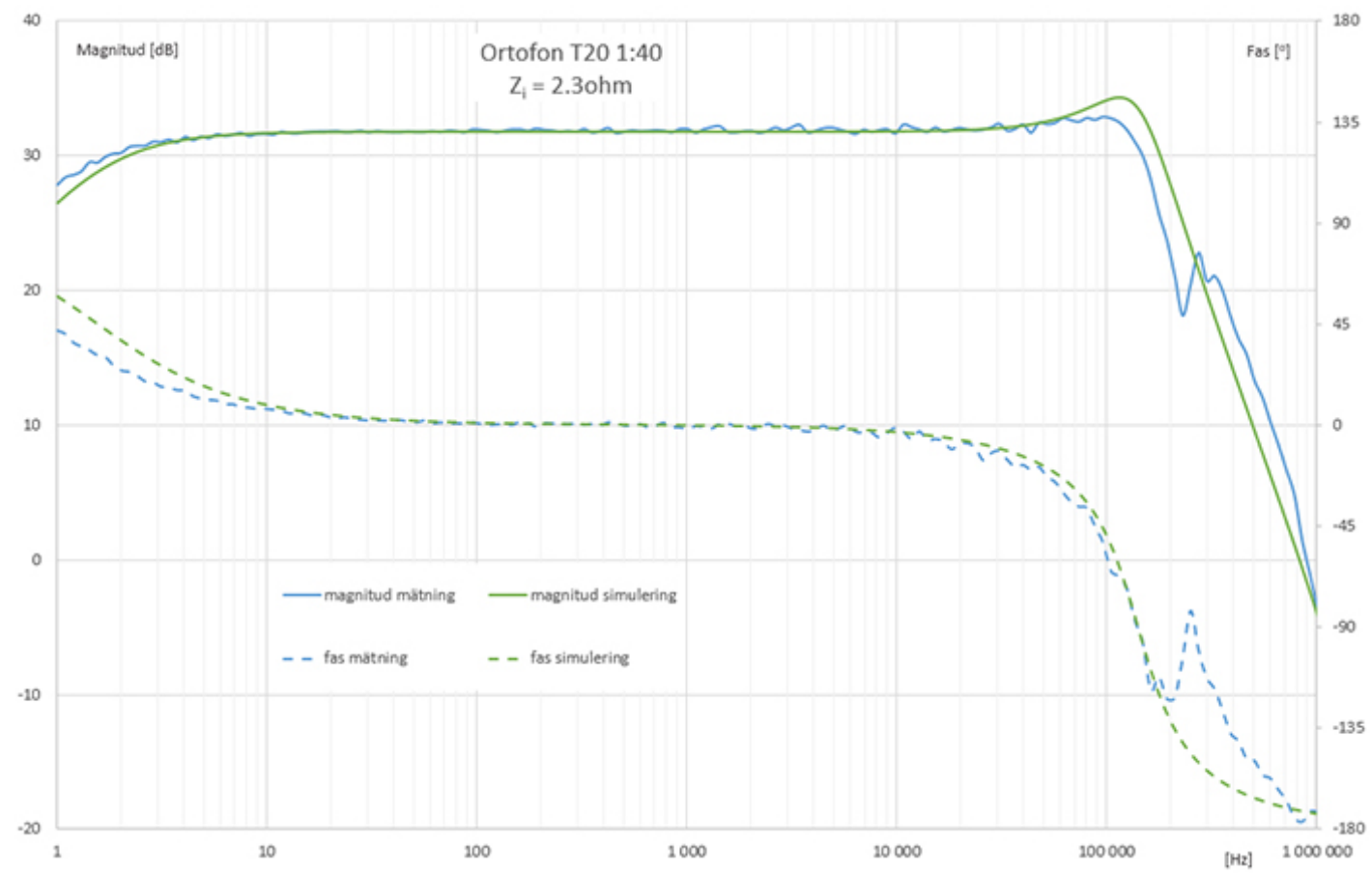
Kommentar: LL9226 kopplad 1:20 har samma karakteristik som när den kopplas 1:10. Man ser dock en tydlig påverkan på frekvensgången i basen redan vid måttlig källimpedans. Med denna koppling bör man undvika pickuper med internimpedans över 10 ohm. Magnituden vid 1 kHz minskar något med ökande källimpedans, men det är i princip obetydligt.

Ortofon T20 1:40

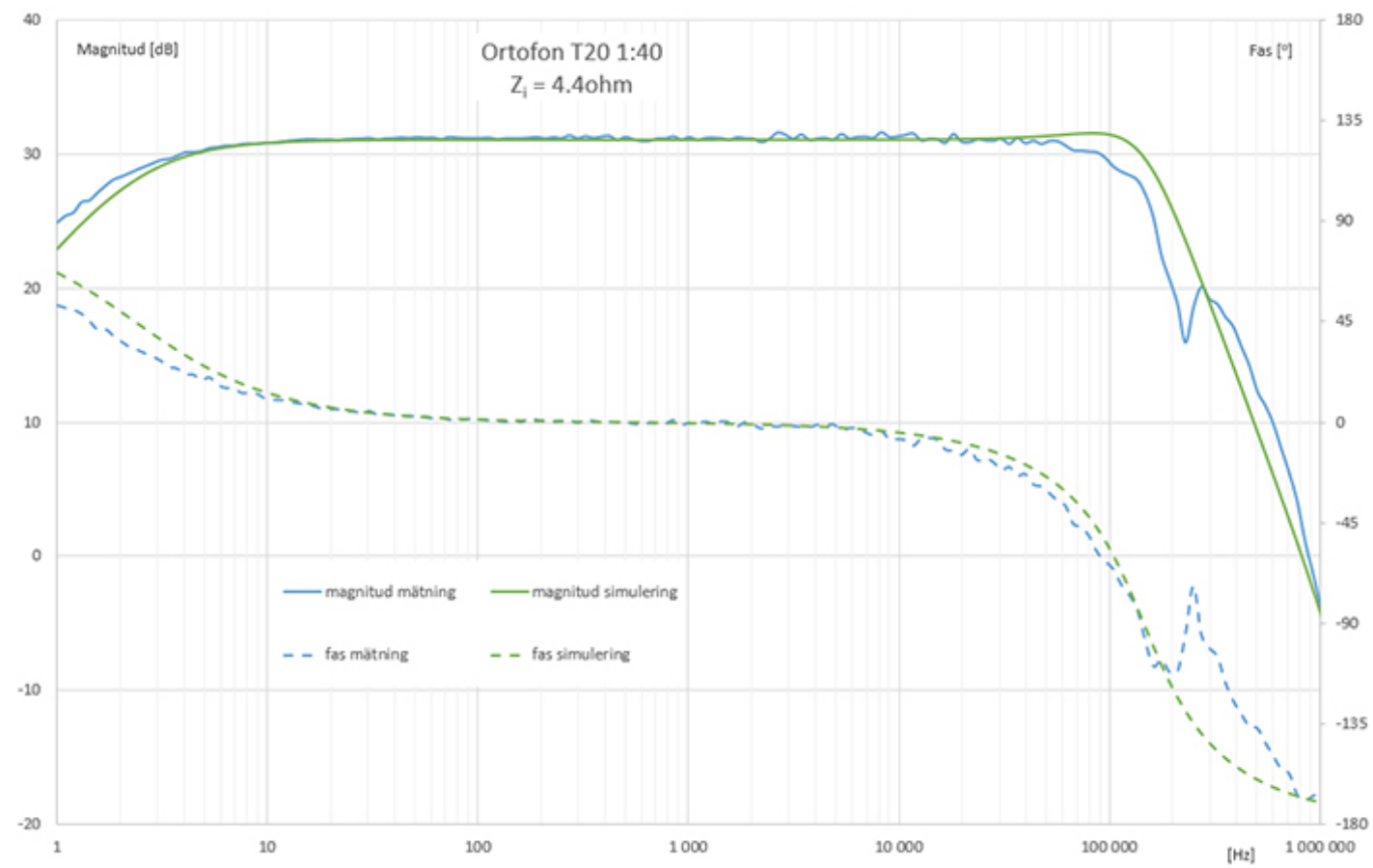
Exempel med tre olika val av källimpedans, $Z_i=0, 2.3$ och 4.4 ohm :



Ortofon T20 1:40. 0 ohm källimpedans



Ortofon T20 1:40. 2.3ohm källimpedans

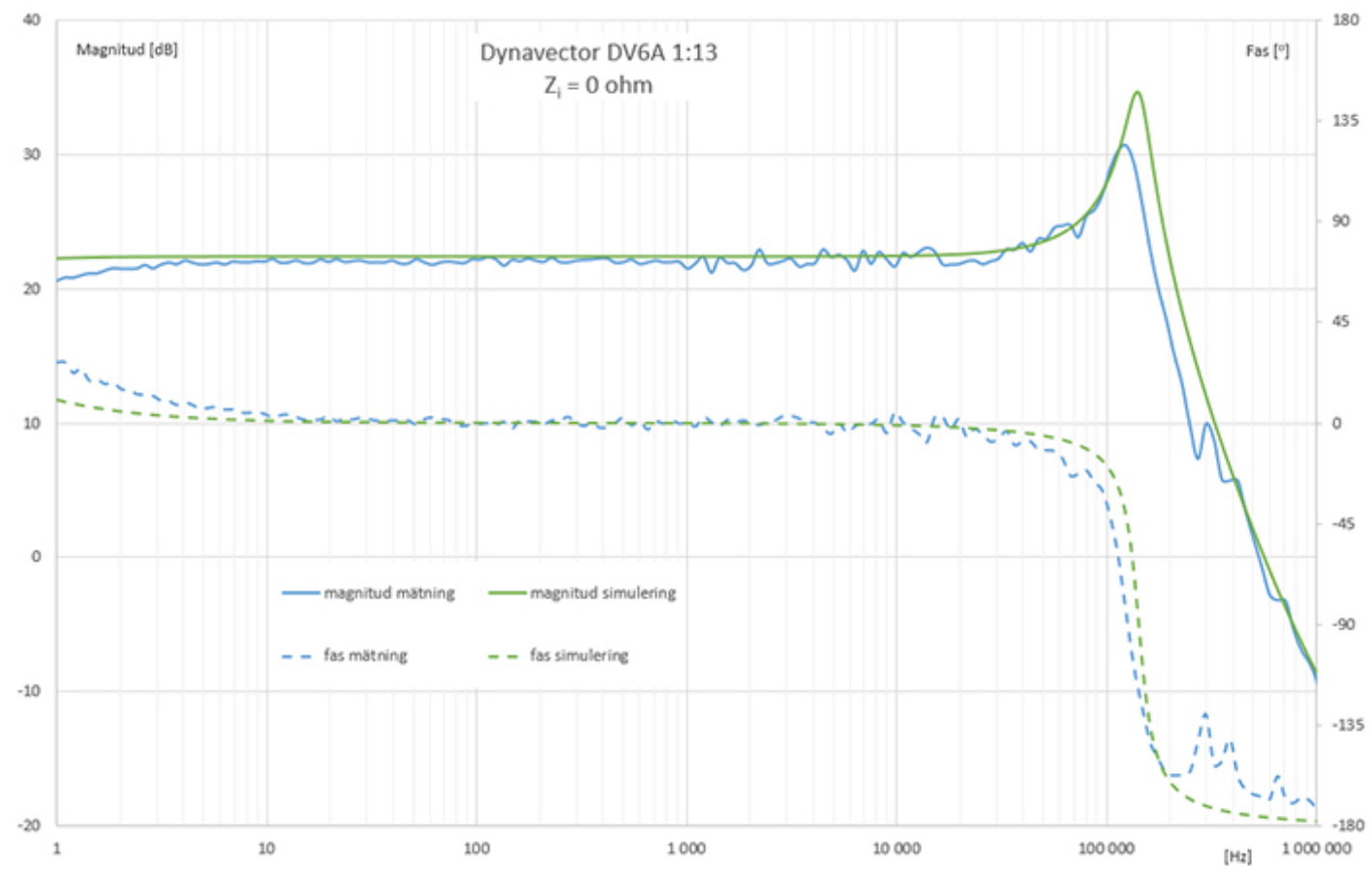


Ortofon T20 1:40. 4.4 ohm källimpedans

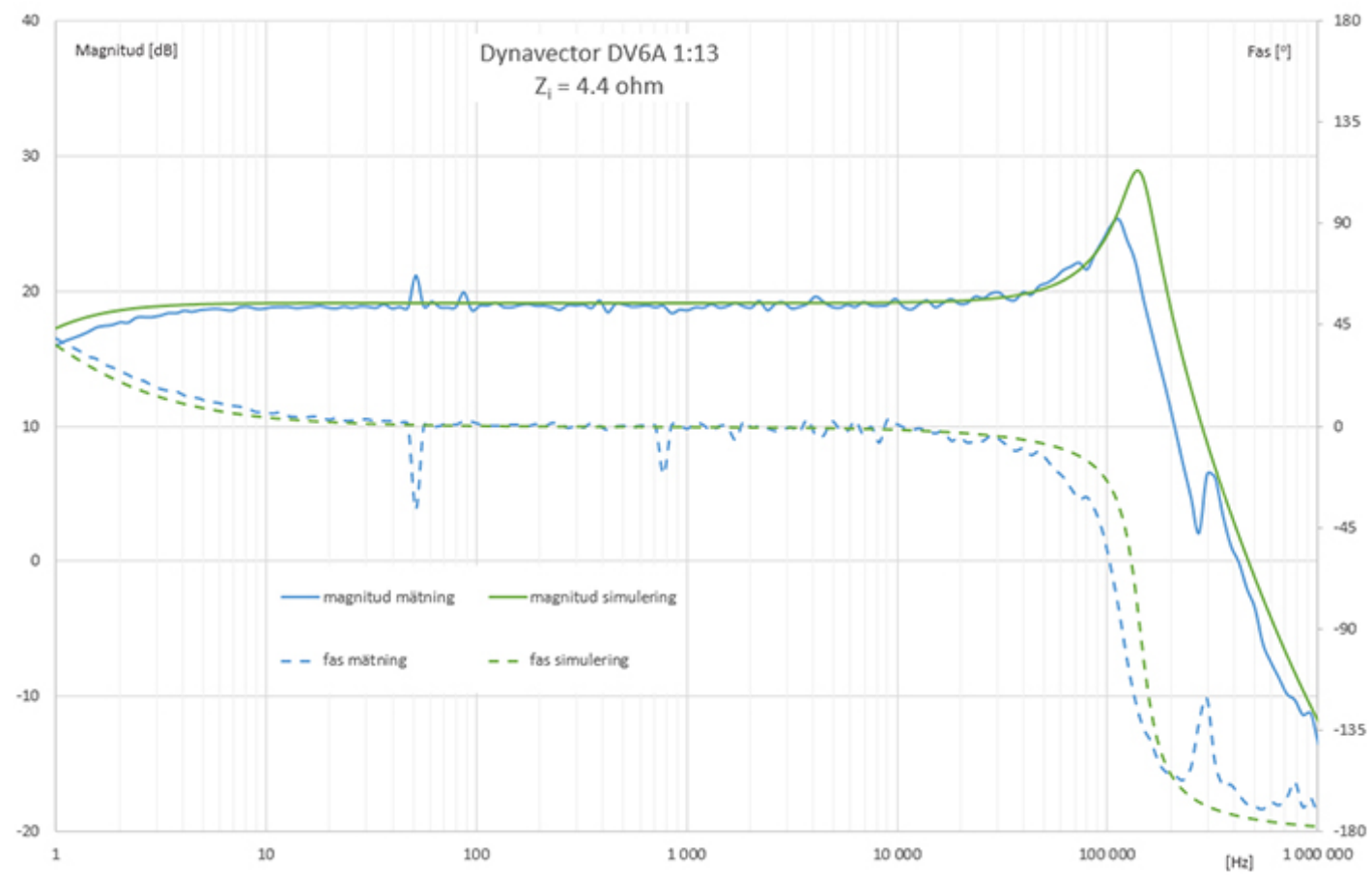
Kommentar: Ortofon T20 kopplad 1:40 är också linjär inom sina specar. Man ser dock tendenser till fasvridningar i audiobandets gränser, och man ska sannolikt söka efter mycket lågohmiga pickuper ihop med denna stepup. Magnituden vid 1 kHz minskar måttligt, men vi mäter ju med låga källimpedanser.

Dynavector DV6A 1:13

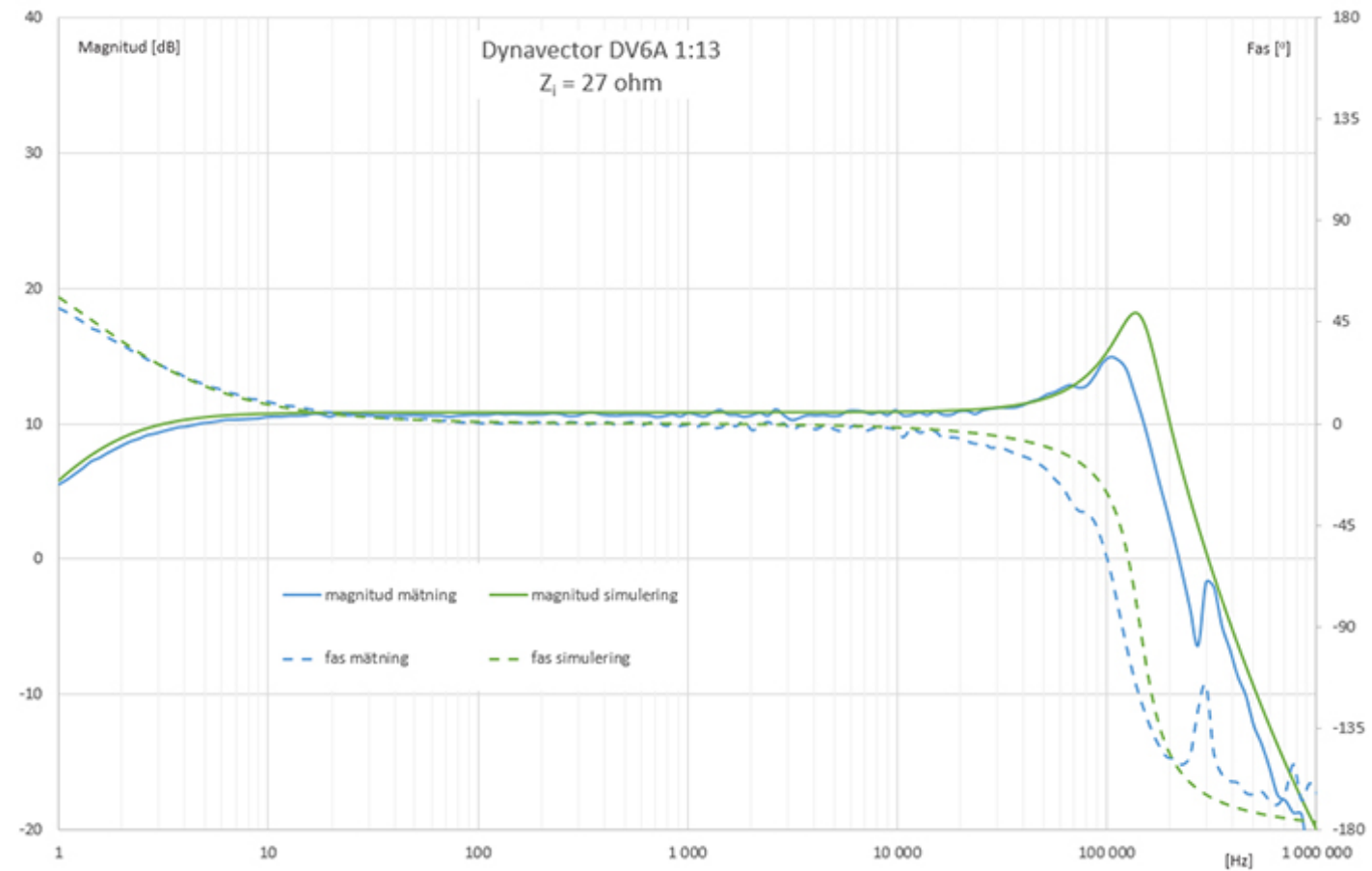
Exempel med tre olika val av källimpedans, $Z_i=0, 4.4$ och 27 ohm :



Dynavector DV6A 1:13. 0 ohm källimpedans



Dynavector DV6A 1:13. 4.4 ohm källimpedans



Dynavector DV6A 1:13. 27 ohm källimpedans

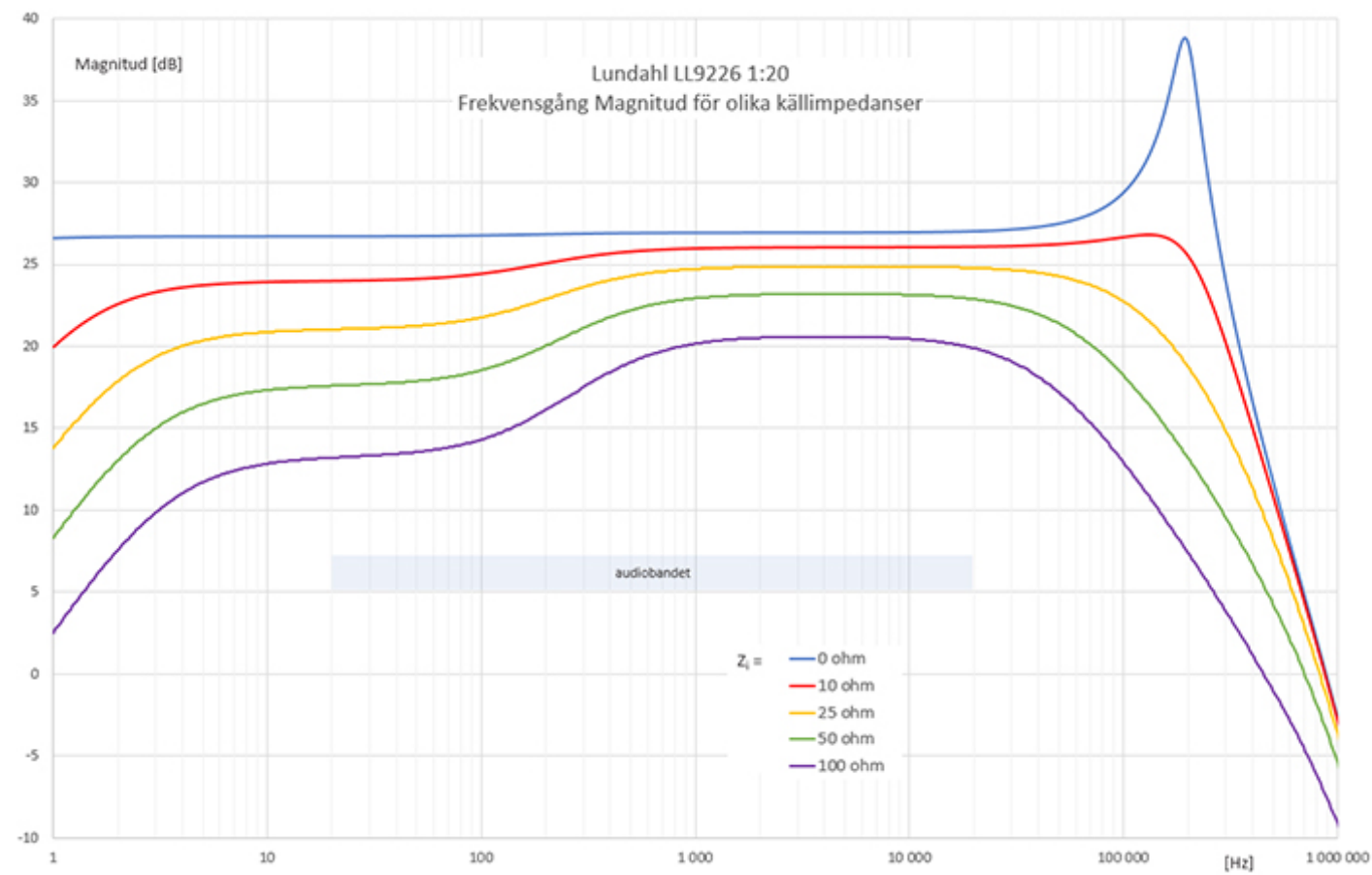
Kommentar: På vårt exemplar av DV6A är kablarna fastlödda och inverkar lite grand i mätningen. Det sitter dessutom en 10 ohm resistor på ingången, och ingången är fasvänd jämfört med utgången. Resistorn påverkar output, och som syns minskar output med nästan 10dB för en 27 ohms pickup jämfört med en 4.4 ohms. I övrigt är DV6A mycket linjär inom sina specar.



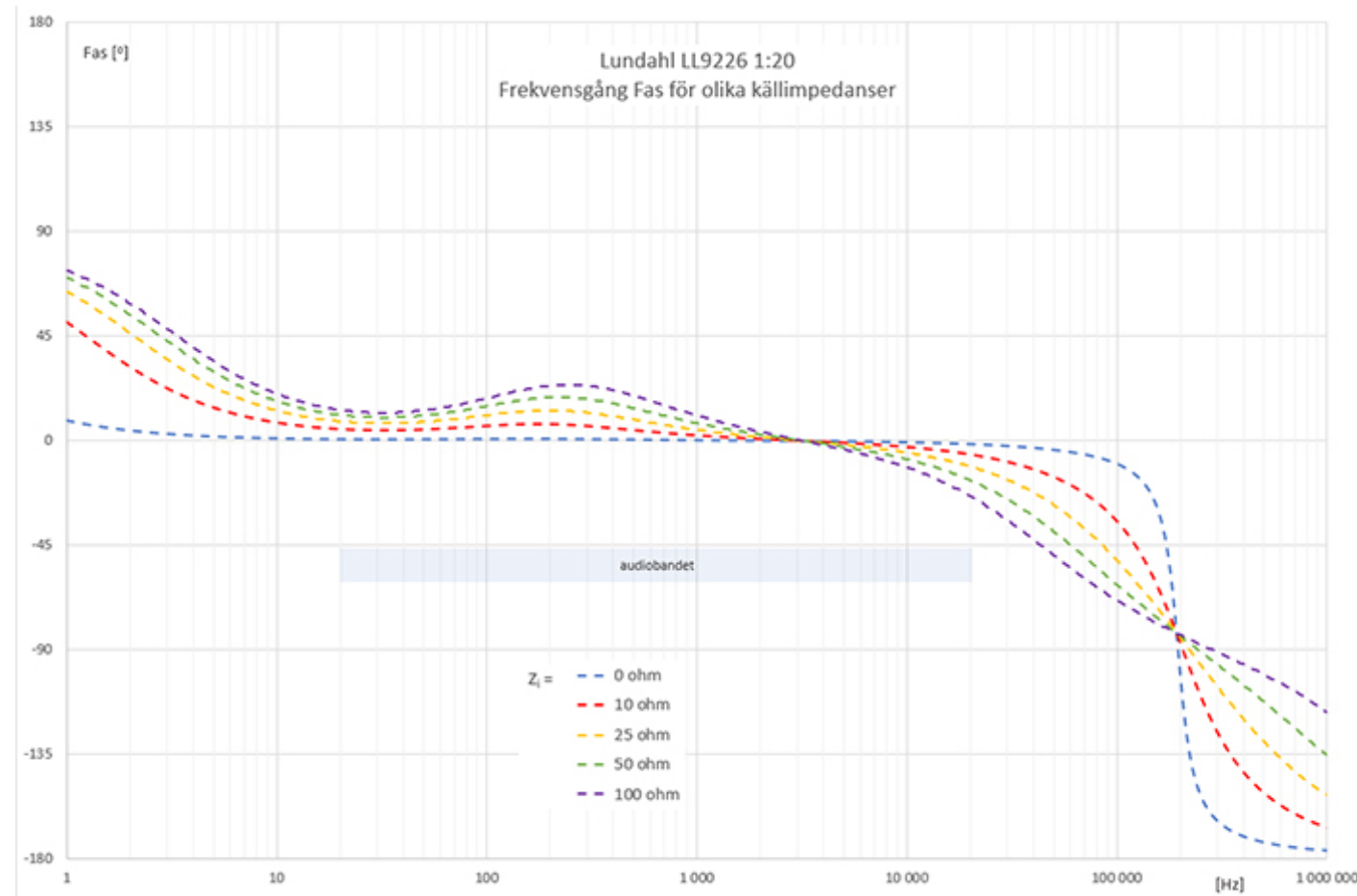
Vårt exemplar av DV6A var försett med 10 ohm parallellresistorer på ingångarna.

Felmatchning mellan pickup och SUT

För att åskådliggöra effekten av SUT vid felmatchning av pickup har vi simulerat LL9226 1:20 med $Z_i=0, 10, 25, 50$ och 100 ohm.



Simulerad frekvensgång magnitud med 5 olika källimpedanser.



Simulerad frekvensgång fas med 5 olika källimpedanser.

Om vi nu skulle lita på denna simulering så ser man att för pickuper med internimpedans under 10 ohm så är frekvensgången mycket linjär både för magnitud och fas. En SUT

som har lägsta resonans vid 200kHz får väl betraktas som ideal. Men med internimpedans över 25 ohm blir både magnitud och fasgång olinjär under 300 Hz och över 10 kHz. Man ser också att höga källimpedanser stjäl output. Skillnad i output mellan lägsta och högsta är hela 35%. Den som förväntar sig förstärkning 1:20 med en 100 ohms pickup kommer enligt detta exempel bara få 1:15.

calle_jr



Admin

2 230

17 272 posts

Location:Malmö

Posted October 19, 2019

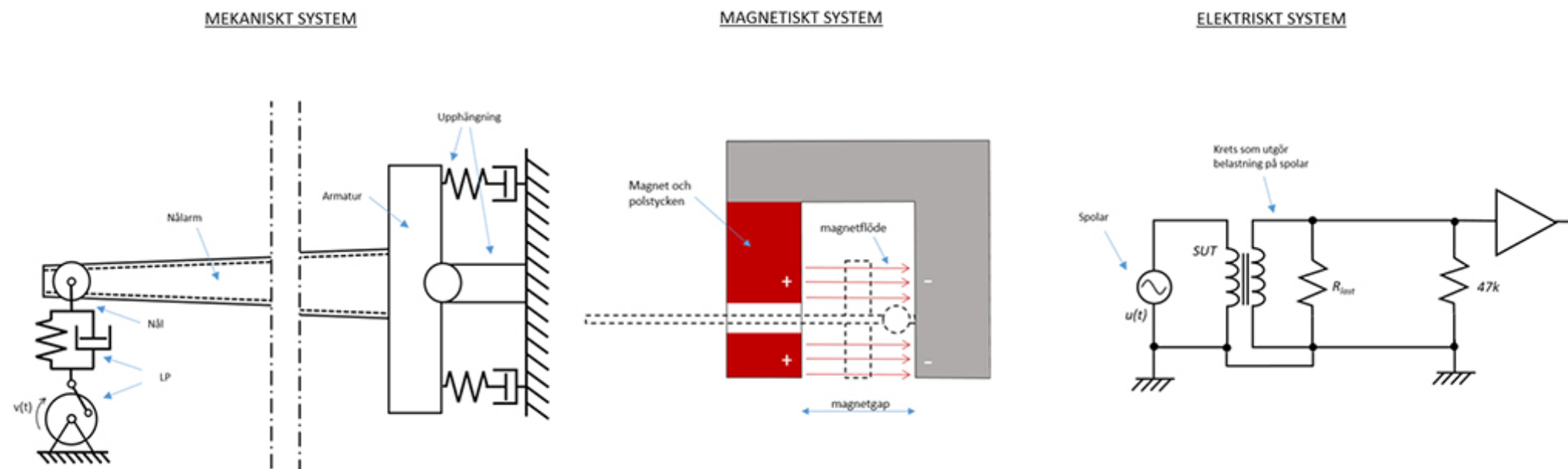
#18

17. The Real Deal

Det vi har gått igenom tidigare angående mekaniken är i princip bara hygiennivå. Att para ihop en pickup med en tonarm så att den inte löper amok lågfrekvent är en grundförutsättning. Men den är helt nödvändig för att illustrera den elektromekaniska analogin, vilket vi tycker var värdefullt. De stora mekaniska miraklen händer i *det lilla systemet*, och vi har skjutit det framför oss eftersom man måste få grundförutsättningarna klart först, de som du själv kontrollerar genom val av komponenter och uppställning. Nu har vi kommit till vad som händer från vinylspår till riaa i en korrekt och väl uppställd rigg.

Den fysik som bestämmer den slutliga karaktären för en pickup kan delas in i tre system; ett mekaniskt, ett magnetiskt och ett elektriskt system.

Det mekaniska systemet här innefattar LP:n, nålen, nålarmen, armaturen (spolarna) och upphängningen. Detta system transformerar spårmoduleringen till en proportionell rörelse av spolarna som sitter på armaturen. Det magnetiska systemet innefattar magnet, polstycken och gapet mellan dem. Det elektriska systemet består av spolarna och lasten som visas för dessa. Ändringar i magnetflöde konverteras till elektriska signaler med en viss eftersläpning (fasförskjutning). Samspelet mellan spolarnas impedans och belastningsimpedansen bestämmer systemets respons.



Nålen ges varje tidsenhet en hastighet $v(t)$ i vinylspåret. Denna hastighet transformeras till en hastighet i armaturen. Spolarna som sitter på armaturen inducerar en spänning som beror på spolarnas längd och magnetfältets flödestäthet, som i sin tur beror på magnetens styrka samt polstyckenas och magnetgapets utformning. Spänningen $u(t)$ i kretsen beror av den last som kretsen visar för spolarna, och den spänning som presenteras för riaat beror av step-up transformatorns förstärkning och impedans samt kablarnas kapacitans.

De tre systemen är seriekopplade och en kedja är aldrig starkare än sin svagaste länk. Därför måste alla tre vara linjära åtminstone inom audioområdet. Det duger inte att summan av dem är linjär. I en del pickuper är de mekaniska resonanserna dämpade av det elektriska systemet vilket ger en skarp avskärning över resonansfrekvens (typiskt 36dB/oktav), som i sin tur leder till en fasvridning inom audiobandet.

Om vi (som tidigare) kallar överföringsfunktionen mellan input och output för H så kan man definiera en perfekt transducer som den som har en linjär överföringsfunktion för respektive system:

$$|H_{mek}| = |H_{mag}| = |H_{elek}| = 1$$

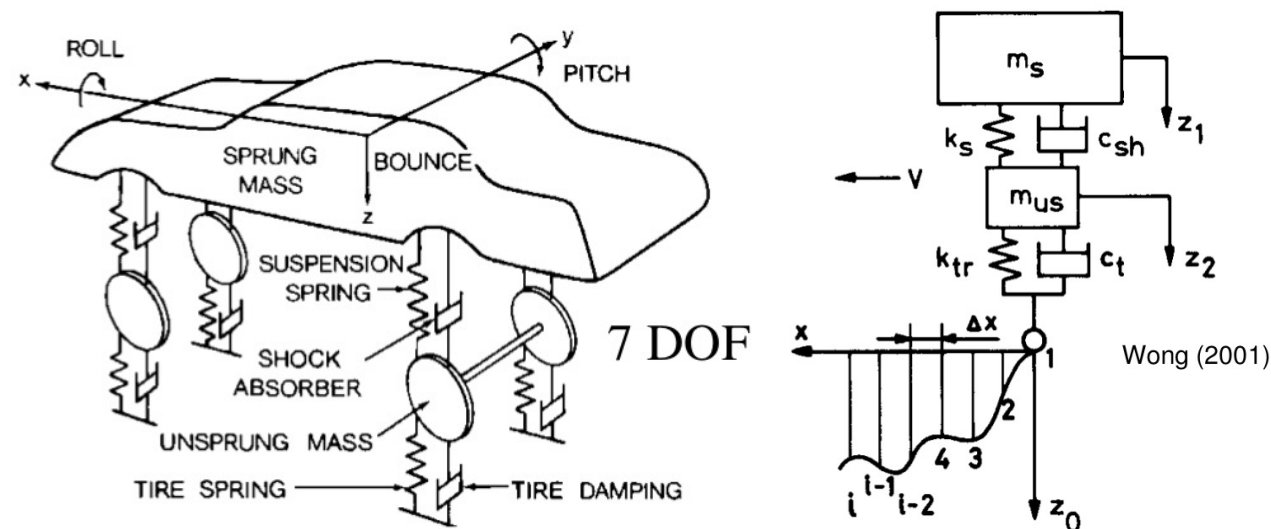
$$\angle H_{mek} = \angle H_{mag} = \angle H_{elek} = 0$$

Vi kan utan tvekan anta att det inte existerar någon pickup som uppfyller dessa kriterier, men det finns de som kommer nära. De basala egenskaperna i en pickup ligger i känsligheten (spolarna) och i den elektriska matchningen (internimpedansen). Det som skiljer agnarna från vetet när det gäller korrekthet är vibrationshantering, nålarm, upphängning, nålslipning och magnetfältets linjäritet. När det gäller detta så är det verkligen ett hantverk, inte bara "ett bästa värde". Hur mycket exotiska material och lösningar man än tar till så måste man kompromissa och det är där hantverkaren kommer in.

DET LILLA MEKANISKA SYSTEMET

Bakgrund

Det mekaniska systemet har normalt tre resonansfrekvenser; en pga fjädningen mellan LP och nål, en pga fjädning i nålarm och en pga fjädning i upphängningen. Den sistnämnda är den vi berört i tidigare avsnitt och som bestämmer tonarmsresonans. Vi kan i princip bortse från denna lågfrekventa resonans och förutsätta en rigg som är väl uppställd. Då påverkar den inte inom audioområdet. Pickuptillverkare lånade mycket från fordonsindustrin där man på 20-talet gjorde mycket forskning på förarkomfort och optimerade fjädrad och ofjädrad massa. Hjul, däck och hjulupphängning kan likställas med nålarm och nål. Karossen är pickup och tonarm. Vägens ojämnheter är spårmodulering och bilens hastighet är vinylskivans rotationshastighet. Att beräkna förarens komfort för hand för olika val på dessa ingående delar är en ganska besvärlig övning, och man tog fram halvfabrikatsformler och diagram för optimering av tex hjulets massa i förhållande till karossens massa och fjädning. Samma samband kan användas för en pickup där all rörelse i "karossen" innebär förlust i avläsningen. Och även om man har perfekt fjädning och dämpning av karossen, så kommer deformation i däck att kännas av föraren. Så, vad som händer när man varierar pickupens (och tonarmens) olika delkomponenters mekaniska egenskaper är helt avgörande för hur exakt spårmoduleringen överförs till spolarna.



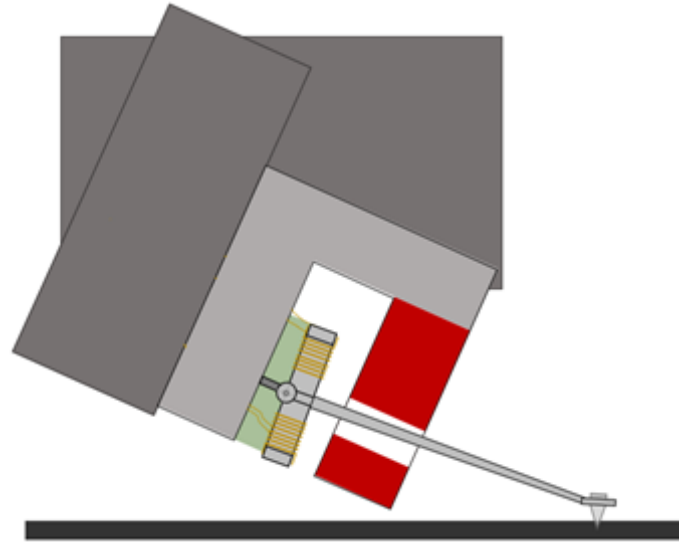
Utdrag från "Vehicle vibration and ride". R. G. Longoria, University of Texas, 2016.

Bilindustrin brydde sig bara om vad som hände under 100 Hz*, men det duger ju inte för en pickup. Så, pickupmodeller behöver även ta hänsyn till tex "vägbanans" styvhet, dvs den fjädning och dämpning som sker i kontaktytan mellan nål och vinyl, eftersom den ger resonans för högre frekvenser.

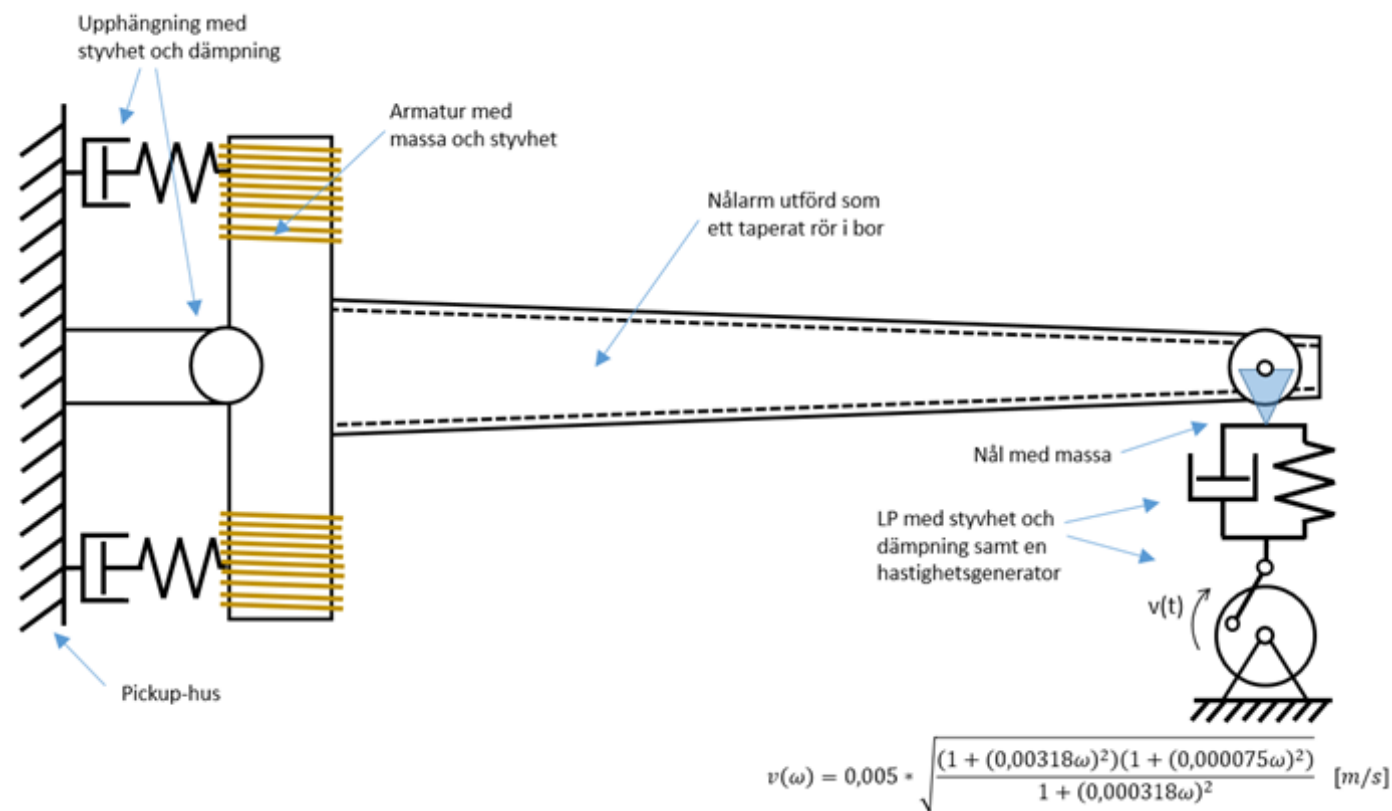
*) Högre frekvenser är en annan avdelning inom bilindustrin som behandlar buller och ljudkomfort i kupén. Alla som haft en gammal bil är ytterst medvetna om väglagets inverkan på buller i kupén.

Mekanisk modell

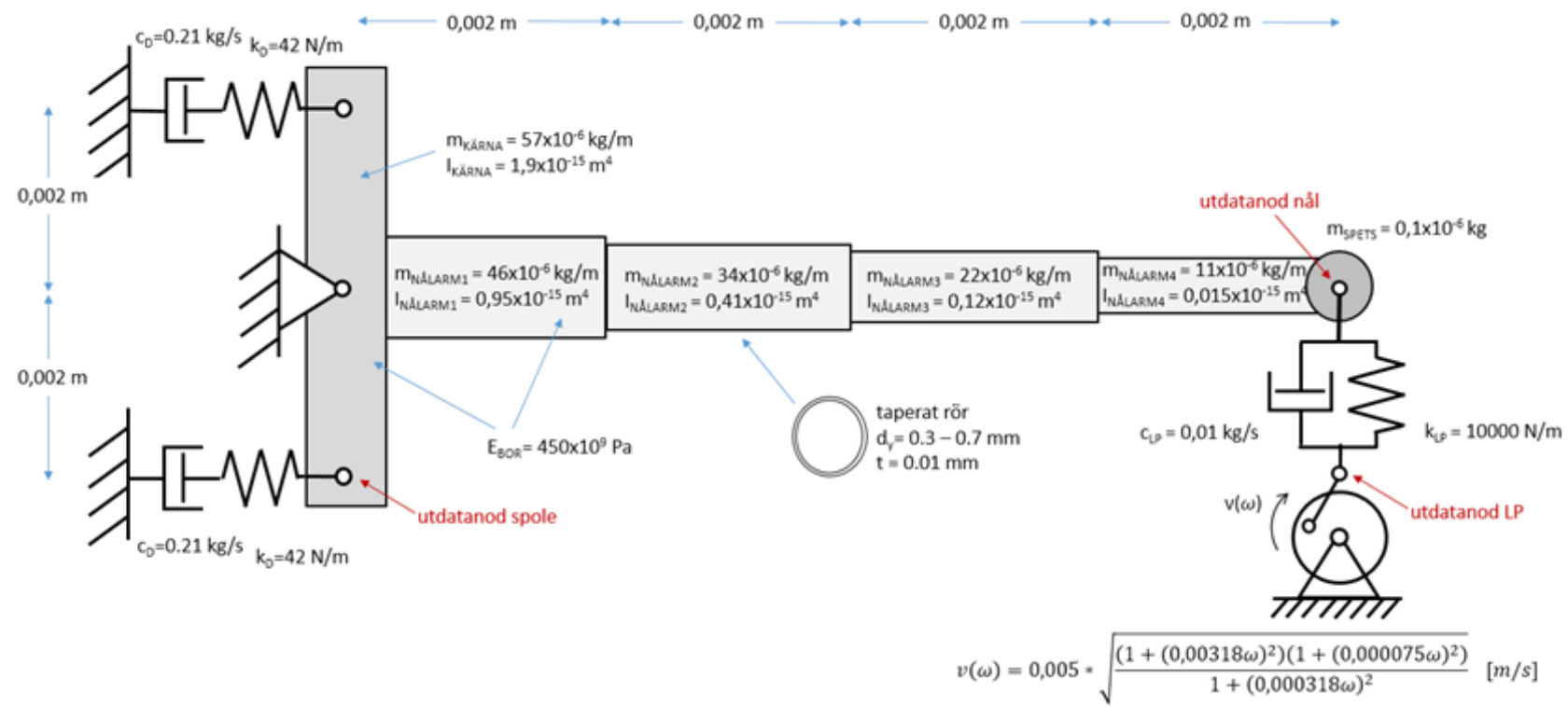
Idag finns kraftfulla datorer som kan hjälpa till. Men man har ingen som helst nytta av dem om man inte vet hur det fungerar, hur man ska modellera och vilka mekaniska egenskaper varje delkomponent har. Vi har utifrån en lång rad olika källor och studier satt ihop en modell av en modern konstruktion:



Så här kommer då det mekaniska systemet se ut i förenklad form:



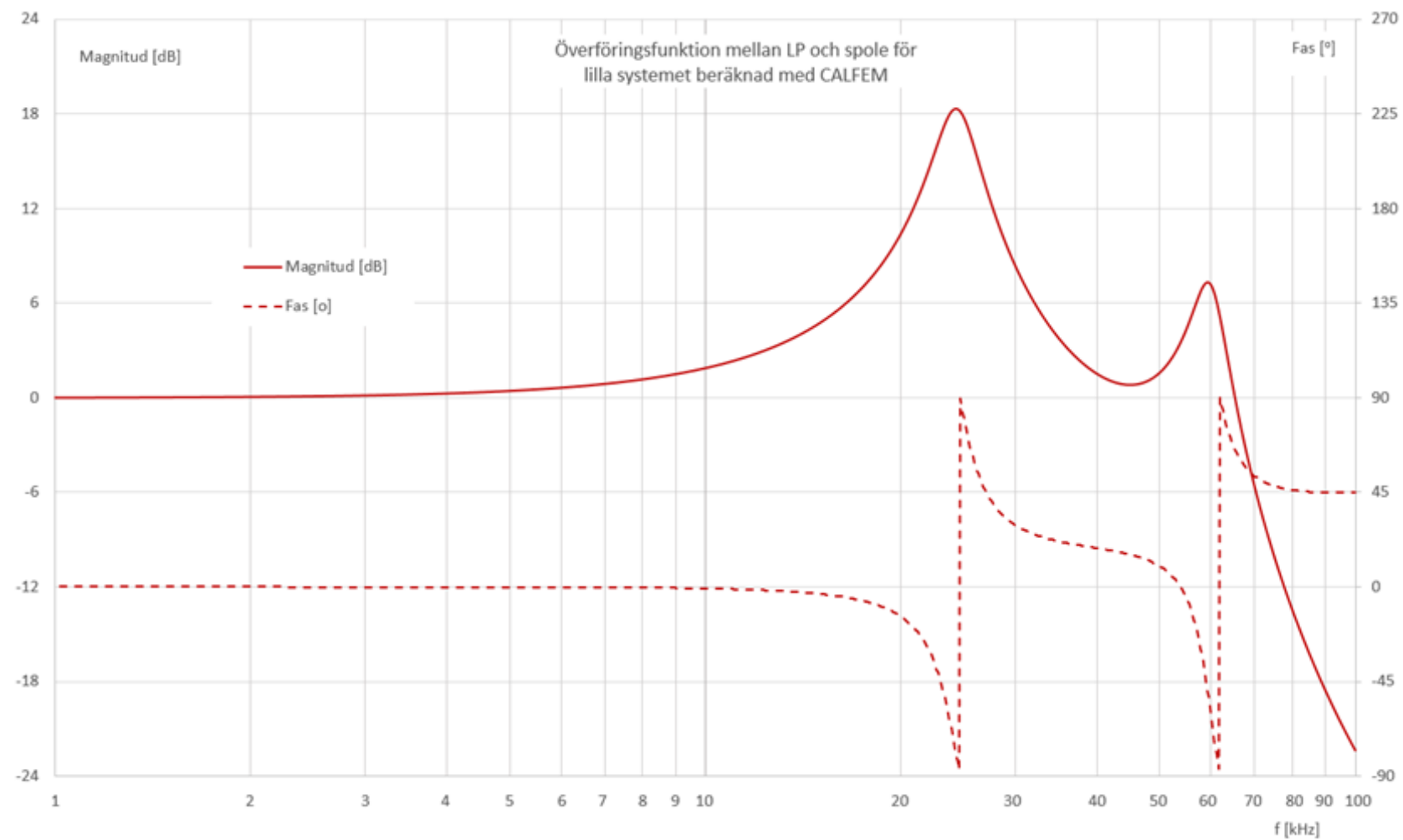
Nålarmen är tänkt som ett 8mm långt taperat rör och vi delar in det i fyra 2mm långa raka rör med olika dimension 0.3-0.8mm. Lindningarna tillför bara massa, och spolarnas kärna tillför både massa och styvhet. Fjädrarna k_D och dämparna c_D känns igen från det stora systemet. K_{LP} och c_{LP} beskriver LP-skivans styvhet och dämpning, som är ganska svårbestämd. Så här kan man då idealisera modellen:



Mekanisk modell av LP, nål, nålarm, armatur och upphängning för beräkning av resonansfrekvenser.

Det är mycket svårt att välja egenskaper egentligen för alla ingående delar eftersom de inte är kända, men speciellt svårt att bestämma styvhet och dämpning för LP-skivan. Men vi har anpassat egenskaperna baserat på gamla mätningar i litteraturen och egna mätningar med Ortofons testskiva som ju har ett rakt svep till 50kHz.

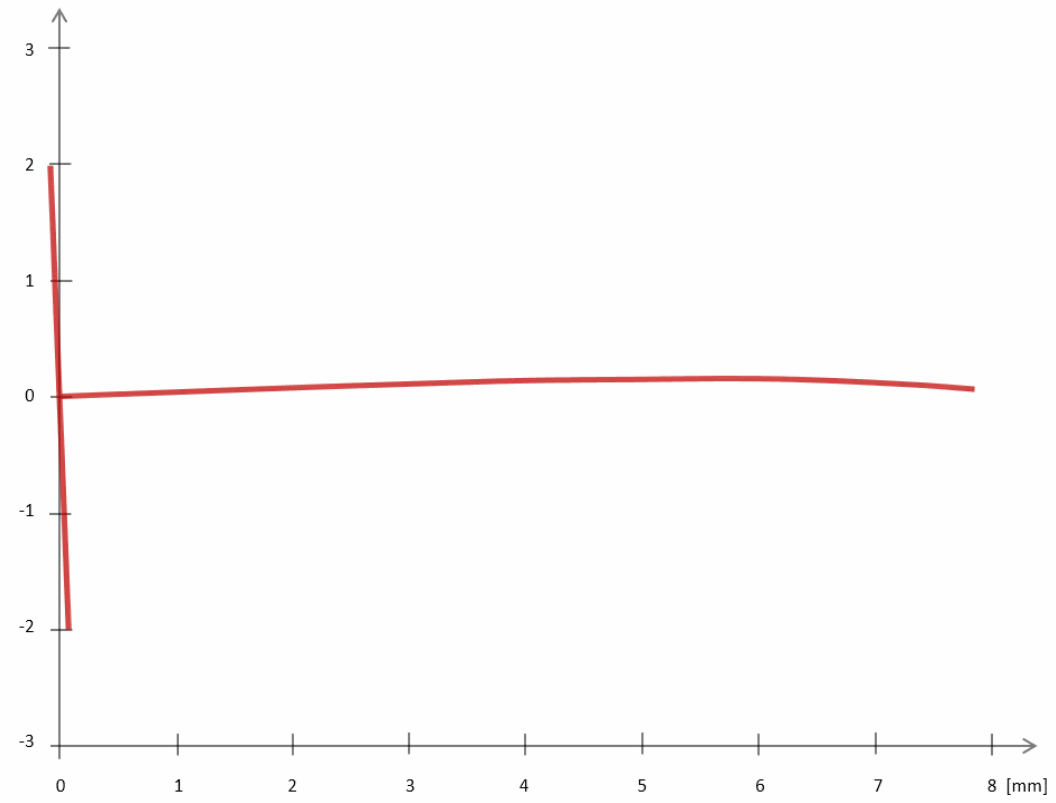
Här är den beräknade frekvensgången för överföringsfunktionen mellan LP och spole ($v=1$), och observera att jag startar vid 1kHz eftersom det inte händer ett skvatt under 8-10kHz.



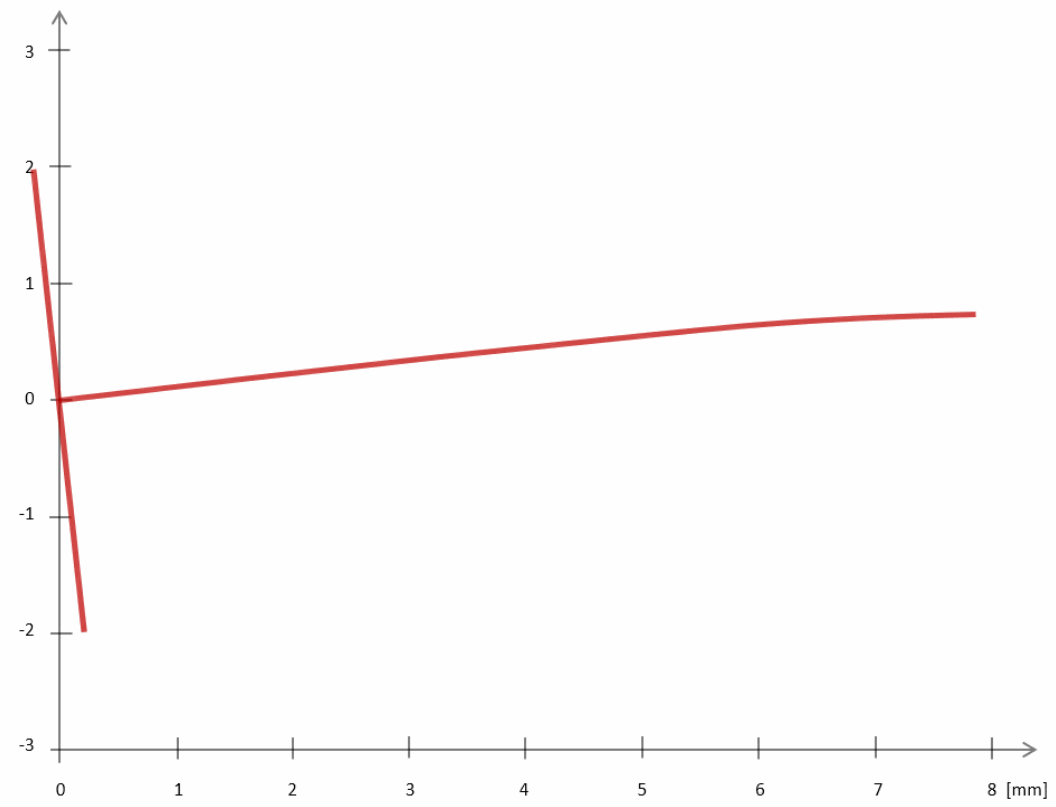
Här ser man den typiska dubbelpuckeln som funnits med sedan kristallpickupernas tid, men som med åren flyttats högre och högre upp i frekvens. På 50-talet låg den första puckeln vid 4-5kHz. I mitt exempel med Lyra Atlas som förlaga ligger den vid 24kHz. Pucklarna måste finnas där. Den första är resonans pga själva LP-skivan, dvs nålspetsen kommer i resonans pga LP-skivans elasticitet. Den andra puckeln är resonans i nålarmen. Som syns är den uppflyttad till 60Hz. Jag ser början på den vid mätning med Ortofons testskiva.

Här tänker vi oss spela en LP som innehåller ett riaa-modulerat svep med referenshastighet 5cm/s (0-peak) vid 1kHz. Modformerna visas vid 1kHz (referens), vid 24kHz där det blir resonans i nålspetsen, och vid 59kHz där det blir resonans i nålarmen.

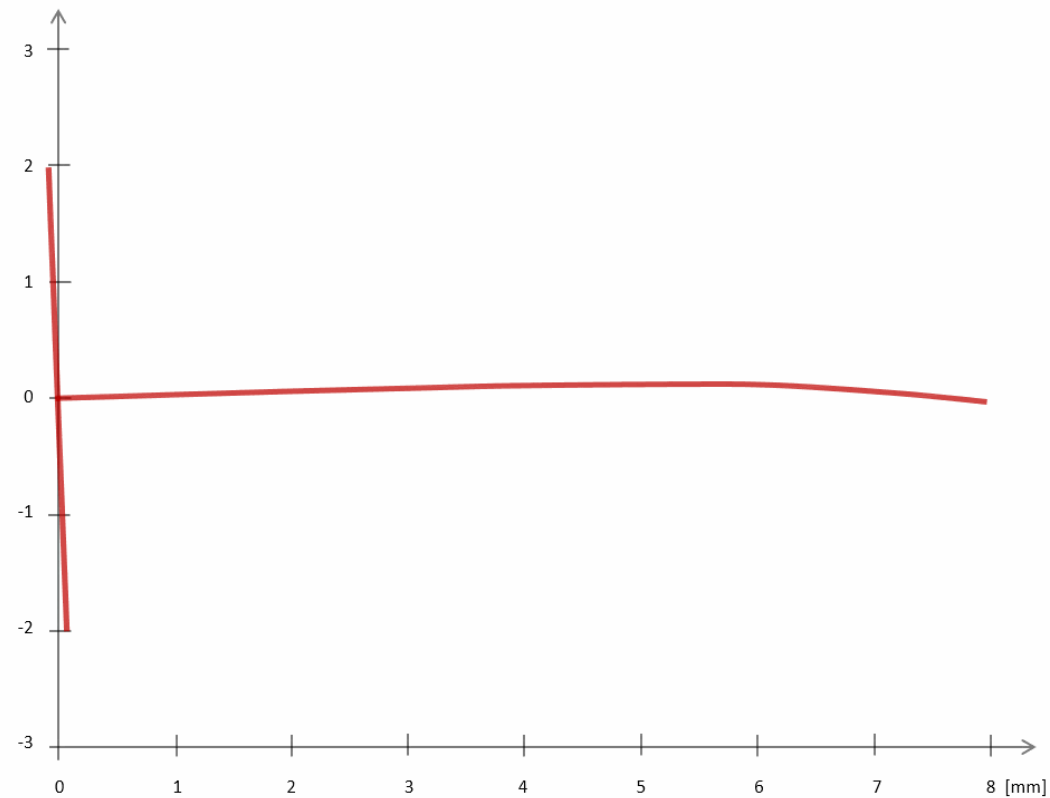
(Det är ingen idé att visa verklig hastighet eftersom det inte går att se 1kHz, så animeringen är nedsaktad ca 1600 ggr. Amplituden är av samma skäl förstörd med en faktor 25)



Modform för input 1kHz med amplitud 50 μ m (25 x förstoring)



Modform för input 24kHz (25 x förstoring)



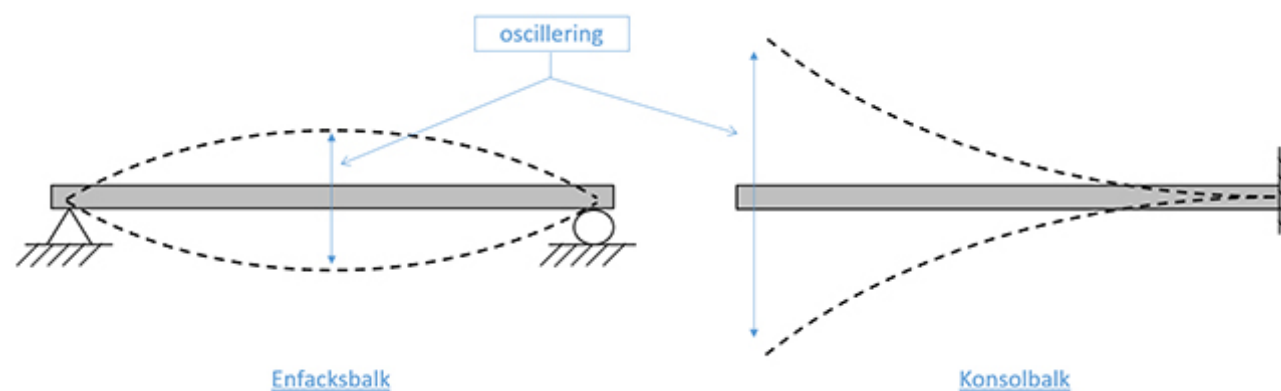
Modform för input 59kHz (25 x förstoring)

Man kan dra en hel del slutsatser från beräkningarna;

- Med lite otur sammanfaller det lilla systemets resonanser med sutens.
- Skivpuck, typ av LP, skivmatta, var man befinner sig på LPn osv spelar stor roll för nålarmens beteende.
- Väldigt liten förändring i gods i nålarmen förändrar var resonanserna hamnar. 15% mer eller mindre gods fördubblar / halverar styvheten vilket i praktiken innebär att olinjäriteter hamnar helt inom eller helt utom hörbart område.
- Nålarmar har sannolikt mer konstruktionsdämpning än vad simuleringen visar. Se skanningsförluster nedan.

En sak som kanske förbryllar är varför man inte gör kortare nålarmar och/eller längre spolar. Vi ser i vårt exempel att utväxlingen är 4:1 (magnituden är 0.25 i diagrammet). Dvs för hastigheten 4 cm/s vid nålen så blir hastigheten bara 1 cm/s i spolarna. De flesta moderna pickuper verkar ha ännu lägre utväxling.

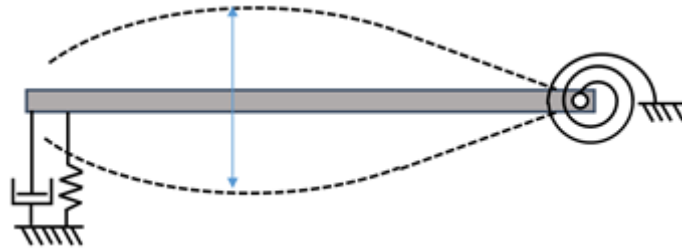
Ju styvare LP, desto mer beter sig nålarmen som en enfacksbalk. Ju vekare LP, desto mer beter sig nålarmen som en konsol. Skillnaden i egenfrekvens mellan dessa renodlade ytterligheter är en faktor 4. Om LP-skivan är för vek kommer det alltså uppstå resonans högfrekvent inom audiobandet. Hur många har tänkt på denna anledningen när man väljer 180g LP?



Till vänster en renodlad enfacksbalk som oscillerar mest i fältmitt, till höger en renodlad konsolbalk som oscillerar mest i spetsen.

En nålarm beter sig som ett mellanting mellan dessa när den exciteras av vinylspåren. Beteendet liknar mer eller mindre det ena eller andra typfallet beroende på nålarmens, upphängningens och LP-skivans egenskaper.

När vi tänker i termer av utväxling så betraktar vi ofta de ingående delarna som stelkroppar. Men både vinylskivan och nålarmen är flexibla (deformeras), vilket gör att utväxlingen mycket väl kan bli 1:1. Detta ser man tydligt i ovanstående animering av modformen vid 1kHz. Det vore mer korrekt att avbilda såhär:



Vi har i detta exempel valt en taperad nålarm, som dessutom är rörformad. Rörformen är mycket effektiv eftersom den ger högsta styvhet med lägsta massa. Taperingen gör nog mest nytta för "sladdriga" LP.

Materialet vi valt är bor vilket är mycket effektivt. Motsvarande geometri i aluminium skulle sänka resonansfrekvensen till häradet 10 kHz, allt annat lika.

Skanningsförluster

Ovanstående resultat är enbart inverkan av det mekaniska systemet.

Den beräknade resonansen för LP skulle innebära att vinylmaterialet komprimeras och dekomprimeras motsvarande 8 ggr spårmoduleringens amplitud vid 24kHz. Normal amplitud för spårmoduleringen är ca 50µm, vilket med förstoringfaktorn vid resonans skulle ge väldigt stor växlande intryckning (~0.5mm). Detta ihop med mycket höga accelerationsnivåer (vilket det blir högfrekvent) är oralistiskt. I praktiken sker inte det utan den kommer dämpas och ge förluster i överföringen. Och man har likartade förluster i nålarmsinfästningen.

Amplituder som är flerfalt större än LP-skivors maxamplitud i spåret får även rent geometriska konsekvenser för spolarna och magnetiska konsekvenser så att spolarna kommer utanför magnetfältets linjära område.

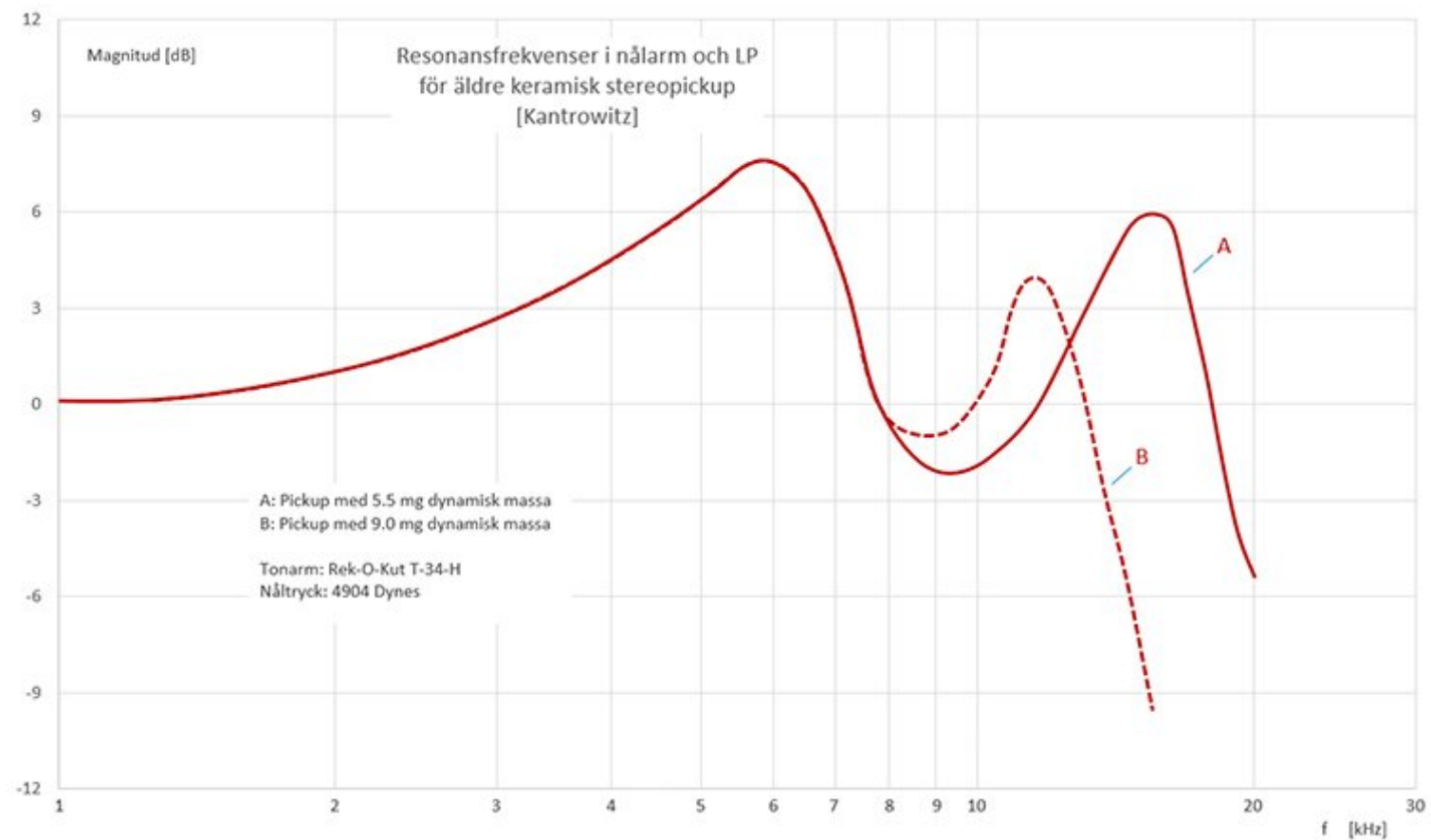
Dessa frekvensberoende dämpningar kan gemensamt kallas för **skanningsförluster**.

Och förutom den mekaniska överföringen kommer både den magnetiska och elektriska kretsen också att påverka signalen. Man kan uttrycka utspänningen som en produkt av mekaniken, magnetismen, elektriska kretsen och skanningsförluster, såhär:

$$u = |H_{mek}| |H_{mag}| |H_{elek}| * S * Blv$$

Och det är ju hela den produkten man mäter, medan det vi visat ovan enbart är H_{mek} .

Det finns en del tidiga beräkningar och mätningar liknande de som redovisas ovan. Det börjar med Frank G. Miller år 1950 😊, som skrev artikeln "Stylus-Groove Relation in Phonograph Records". Det är lite förvirrande eftersom de olika studier vi hittat inte stödjer varandra. Skillnaderna är i huvudsak två. En del bortser helt från LP-skivans styvhet och dämpning, andra ser den som helt avgörande för överföringsfunktionen. Den andra skillnaden är att en del räknar linjära material- och geometriegenskaper, medan andra räknar olinjärt. Man ser dock att *branschen* var överens om att det som spelar in i det mekaniska systemet är dels ett sådant massa-styvhet-dämpning-system som vi har modellerat. Dels att man måste beakta effekten av skanningsförluster, dvs förluster när våglängderna närmar sig storleksordningen av kontaktytan mellan nål och vinyl (villkor i Hertz-teori stämmer inte längre). De flesta studier handlar om lateral modulering, men bla Kantrowitz har översatt metodiker även för vertikal modulering. Här ser vi en av hans studier med en 60-talspickup (Grado?), som visar en karakteristisk dubbelpuckel som beror på resonans i nålarmen och LP-skivan. För moderna pickuper har man dock lyckats flytta upp resonanserna rejält.



Utdrag ur Philip Kantrowitz "High Frequency Stylus-Groove Relationships In Phonograph Cartridge Transducers", AES artikel 1962. Lägg märke till hela 3dB avvikelse ända ner vid 3kHz och över 7dB vid 5kHz.

Frank Miller, Philip Kantrowitz och Otto Kornei studerade i början på 60-talet dessa skanningsförluster på samma sätt med utgångspunkt från Timoshenkos teorier och egna experiment, och definierade skanningsfunktioner S för lateral och vertikal modulering och kopplade ihop detta med resonansfenomenen. De formulerade skanningsförluster för lateral modulering:

$$S = 1 - \frac{3}{4} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 + \frac{3}{16} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^4 - \frac{3}{128} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^6 + \dots$$

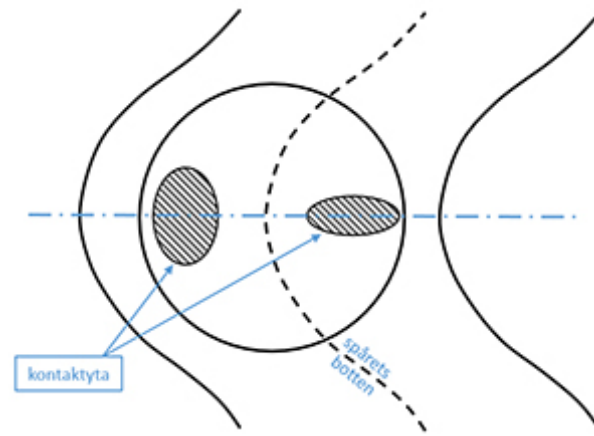
där ω_c är brytfrekvensen:

$$\omega_c = v \sqrt{\frac{6}{A_0 r}}$$

$$K_0 = \frac{4}{3} \frac{E}{(1 - \nu^2)} r^{0.5} \quad [N/m^{1.5}]$$

$$A_0 = \left(\frac{F_z}{\sqrt{2} K_0} \right)^{\frac{2}{3}} \quad [m]$$

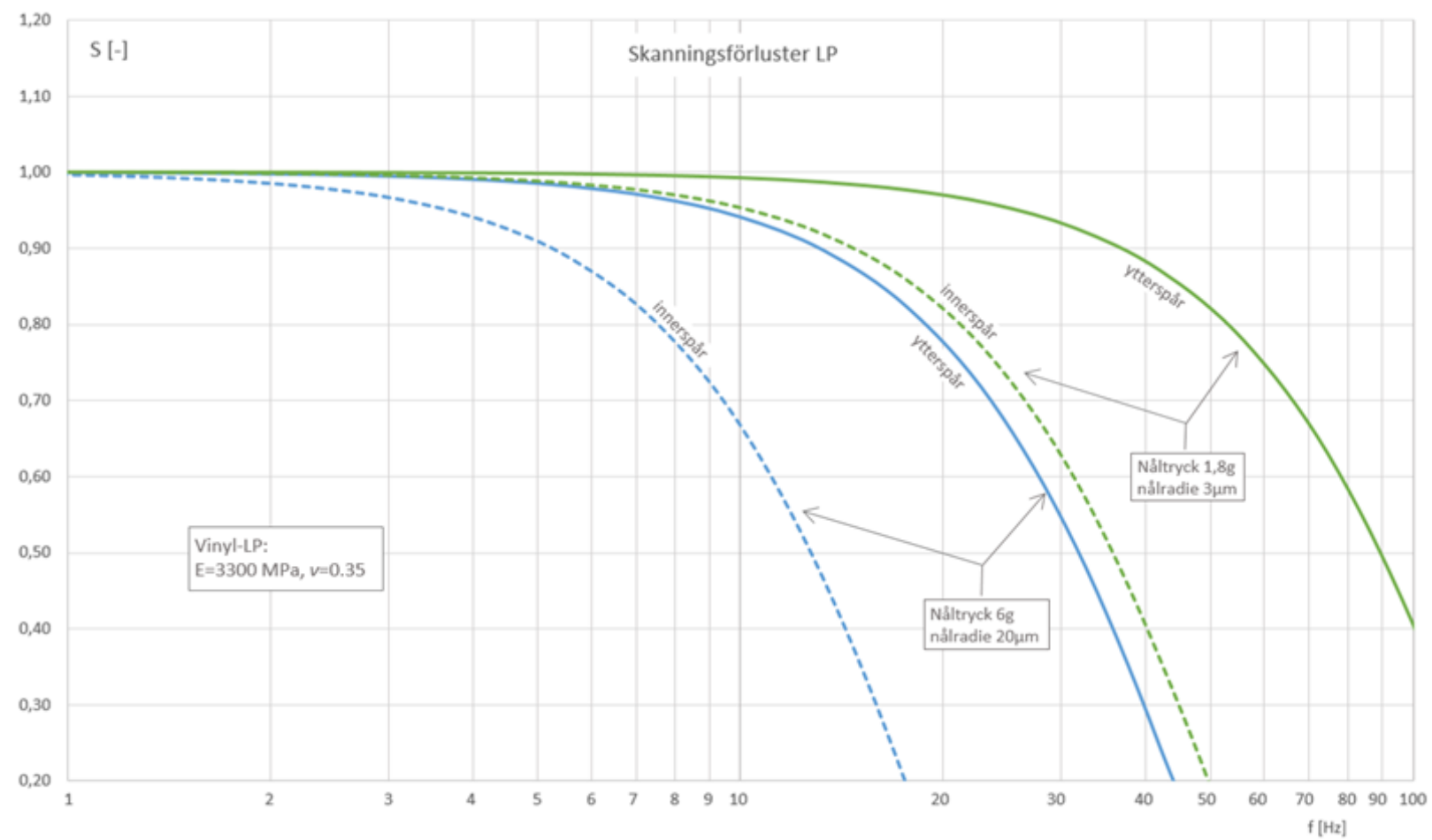
A_0 är här kontaktmekniken mellan nålspets och vinyl, dvs [Hertz-teori](#) rakt av, så att det motsvarar intryckningen av aktuellt nåltryck mot spårväggen.



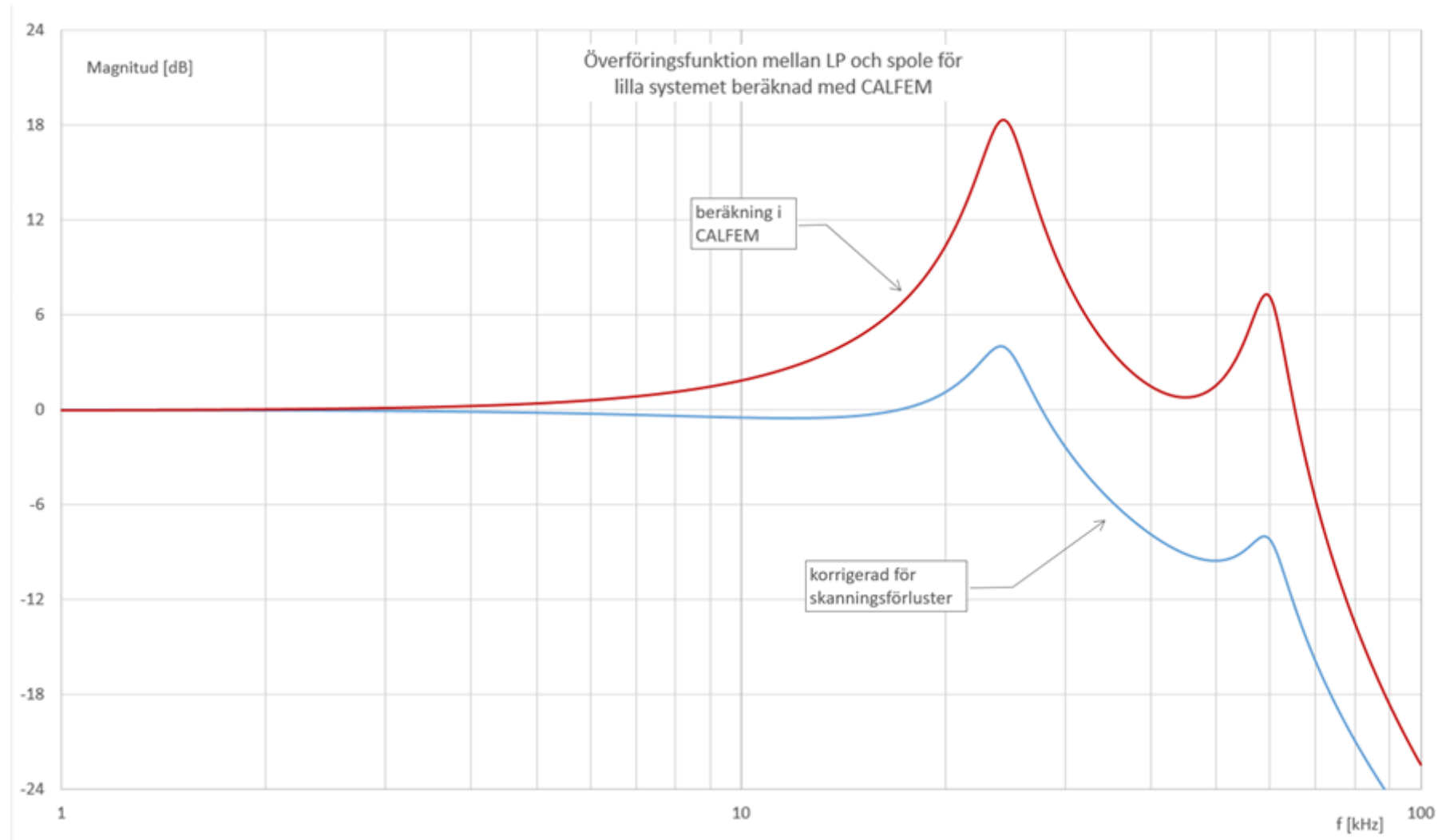
Planvy av nålens intryckning i högfrekvent modulerat spår vid avspelning med sfäriskt slipad nål.

Baserat på C. R. Bastiaans "Factors Affecting the Stylus/Groove Relationship in Phonograph Playback Systems", Okt 1967.

Så här ser dessa skanningsförluster ut, och jag har med en äldre och en modern slipning för att illustrera hur stor skillnad detta gör:

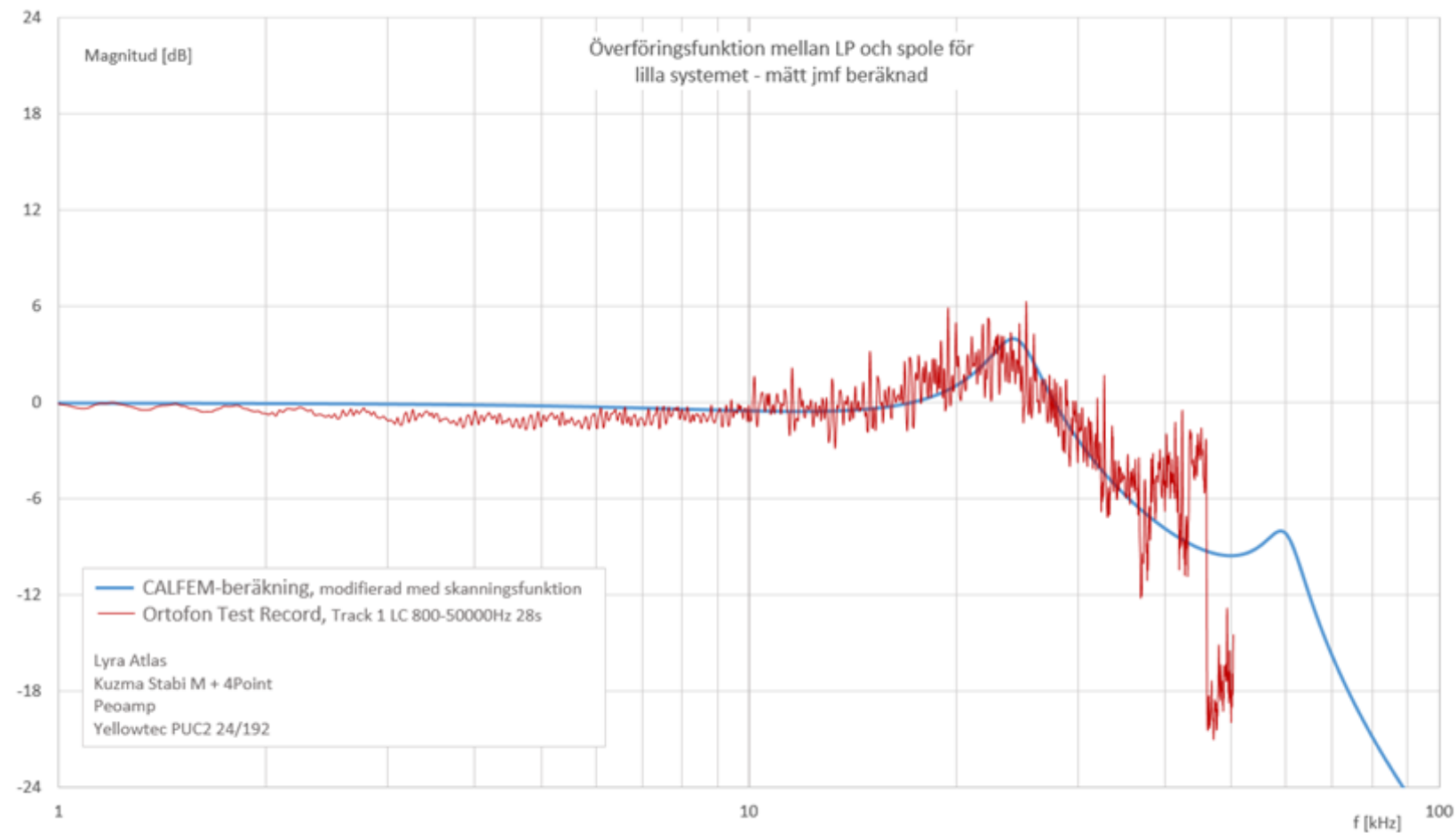


Om vi multiplicerar den mekaniska överföringsfunktionen enligt tidigare med denna skanningsfunktion, så får man följande utseende:



Observera att ju mindre radie man slipar med i spårets riktning, desto större måste man slipa i andra riktningen för att inte få för stort kontaktryck. Det är därför man utvecklat line-contact som ju ser lite mysigt ut.

Som framgått är det ganska svårt att anta rätt värden (geometri, massa, styvhet, dämpning) för LP, nål, nålarm och upphängning som med noggrannhet beskriver ett verkligt system. Därför vore det bra att få till en serie mätningar. Här är ett sådant exempel med Lyra Atlas, Kuzma 4Point med en avläsning av Ortofon testskiva till ett 24/192 ljudkort. Skivan innehåller ett 28s spår med ett svep 800 - 500000Hz som graverats med konstant hastighetsamplitud (ingen riaa-modulering). Avläsningen är medelvärdesberäknad så att man slipper se oscilleringarna.



Som syns ser man den första puckeln kring 23kHz. Nålarmsresonansen finns där också garanterat, men den ligger högre i frekvens än vi kan mäta med en LP-skiva. Vi kan anta att den ligger i området 50-70kHz.

En metod att ta hänsyn till nålarmsresonanser är att i princip strunta i vad som är vad och betrakta systemet som en transmissionline med input och output. Nackdelen är att man inte kan studera effekterna av att ändra en specifik beståndsdel.

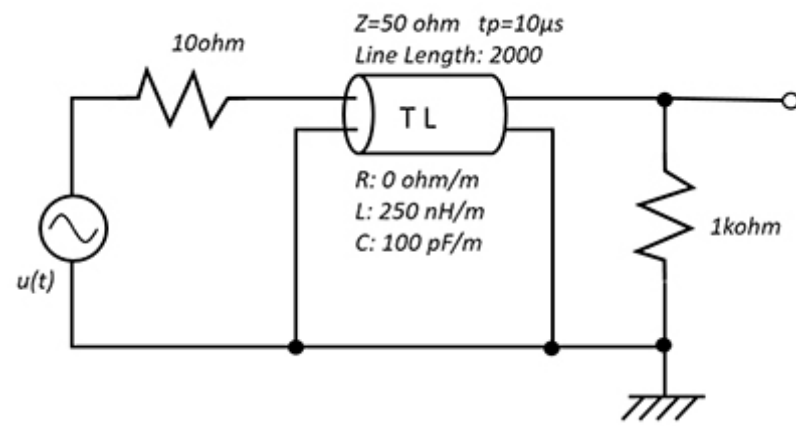
Det lilla mekaniska systemet som en transmission line

En sådan modell är enbart beroende av hastighetens fortplantning i nålarmen. Man bryr sig inte om elasticitetens inverkan i varken upphängning eller vinyl, och konstaterar bara effekterna av dessa i ändarna. Geometri, styvhet, massa, dämpning etc är effekter som enbart utgör en slags "svart låda", och det gäller bara att välja rätt egenskaper för sin transmission line.

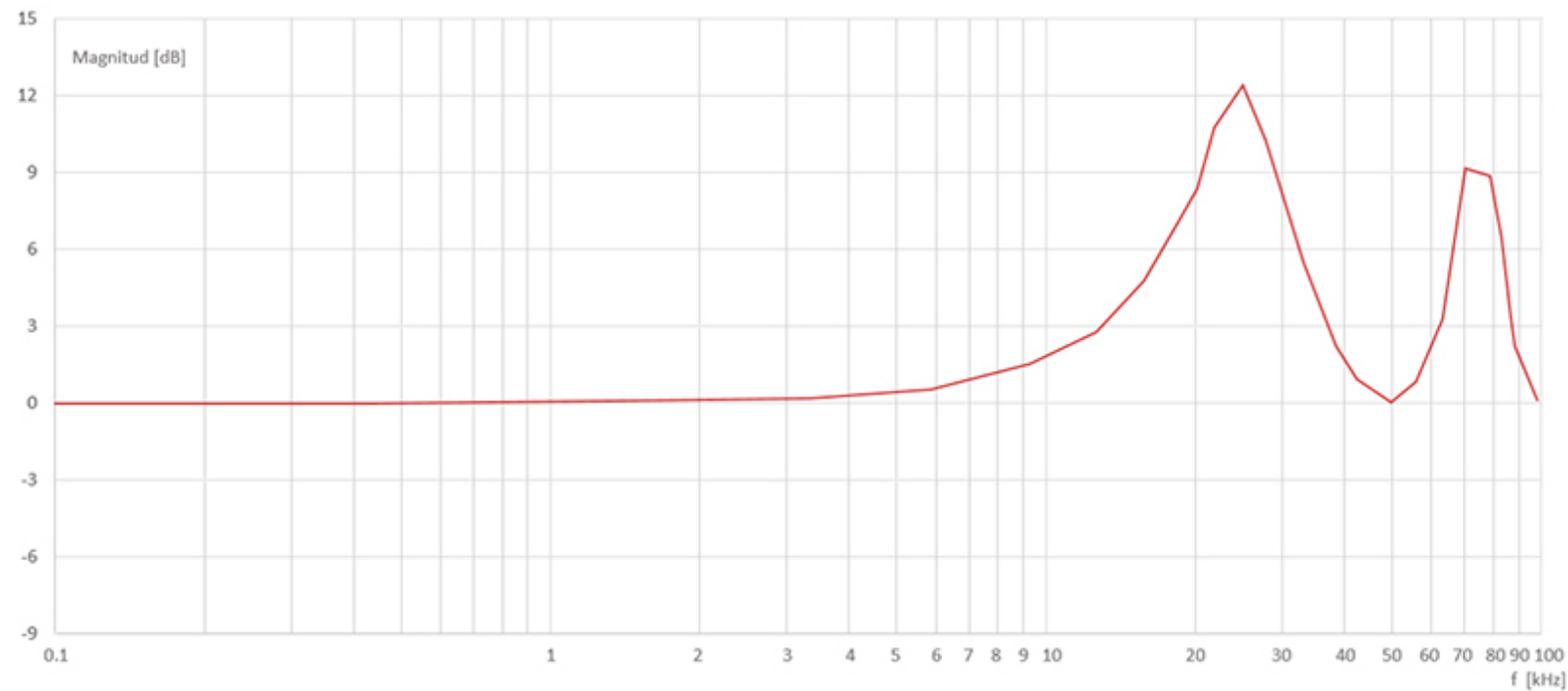
Här är ett schema där nålarmen representeras av en $10\mu\text{s}$ transmission line ($10\mu\text{s}$ är vågpropageringstiden i nålarmen).

Vinylen ses inte som elastisk utan utgörs av en 10ohms resistor som dämpar transmission line.

Upphängningen är inte heller elastisk utan utgörs av en mycket svag dämpare med 1kohms resistor.



Här är responsen från en sådan modell:



Responsens utseende överensstämmer mycket väl med mätningar av tex Shure och Åstadkommes enbart genom en drivkälla och en lös upphängning. Ingen elasticitet är inblandad i modellen varken vid vinylen eller i pickupen. Resonansfrekvenserna bestäms enbart av propageringstiden i nålarmen (transmission line). Q bestäms av impedanserna i resistorerna vid vinyl och upphängning (i detta exempel 10ohm resp 1kohm). Som vi ska se kan man få output att stämma väldigt bra överens med de beräkningar vi har gjort i detta avsnitt.

Det som är speciellt intressant med att modellera som transmission line är beskrivet av Jim Lesurf. Hans utgångsläge är att matcha "impedanserna" i pickupen (S är nål, L är komplians och C är nålarm):

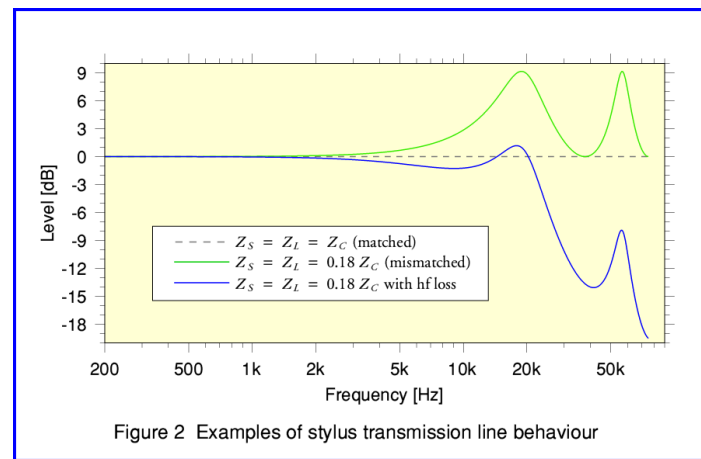


Bild: Jim Lesurf

Det fungerar då i teorin att modifiera nål, komplians och nålarm så att dess impedanser blir lika. Men det återstår att se om det går att bygga i praktiken.

calle_jr



Admin

+ 2 230

17 272 posts
Location:Malmö

Posted November 17, 2019

#19

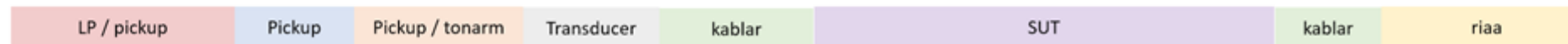
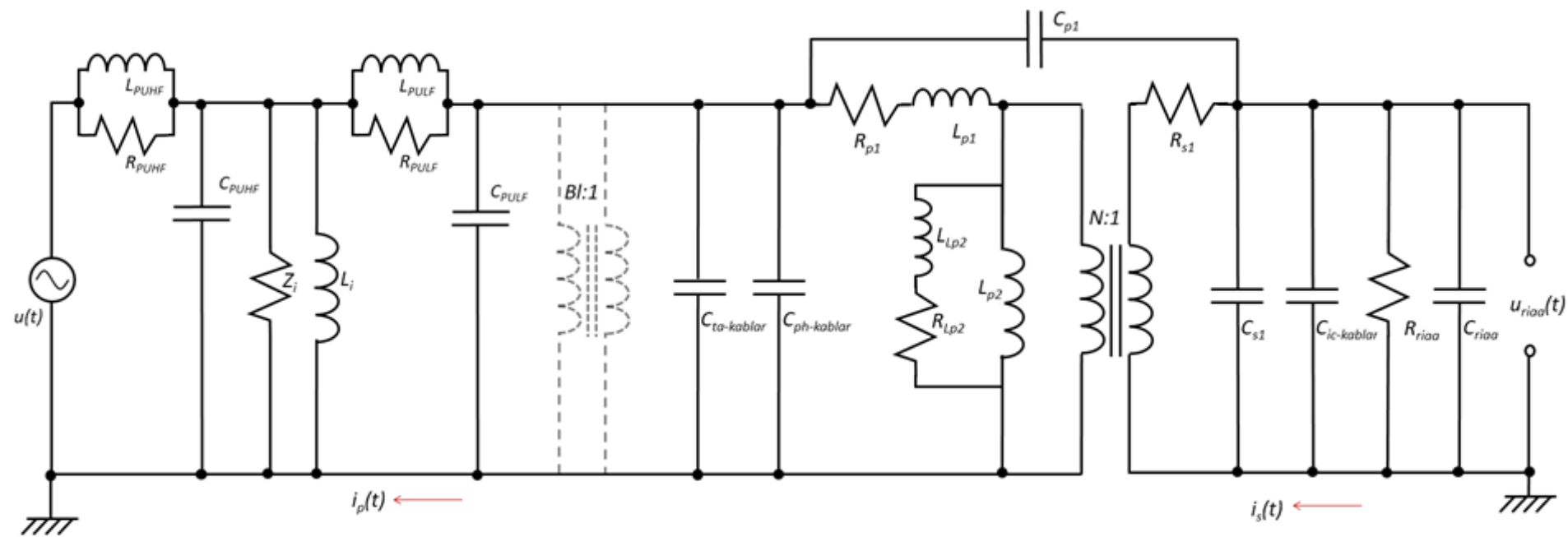
18. Sammanslagning av systemen

Resultaten från den strukturmekaniska beräkningen kan användas i mobilitetsanalogin för att simulera det lilla mekaniska systemet i den kompletta kretsen.

Det magnetiska systemet beskrevs i avsnitt 15, och i vår modell antar vi bara att transducerns magnetiska funktion är helt linjär med en känslighet Bl , så att $u=Blv$ linjärt för alla hastigheter inom audiobandet.

Det elektriska systemet har beskrivits i både avsnitt 3, 12, 14 och 16. I följande sammanfattning kombineras alla de delkomponenter som avhandlats där.

Här är en komplett modell, och jag har streckat in transducern eftersom de mekaniska komponenterna har omformats till elektriska med mobilitetsanalogi:



Modell för hela kretsen med LP-skivan och det lilla systemet inkluderat, baserat på mobilitetsanalogi.

Såhär kan de mekaniska komponenterna beräknas:

Analogi	Pickup lilla systemet / LP-skiva	Pickup / Tonarm
$R = \frac{B^2 l^2}{c_m} \quad [\Omega]$	$R_{PUHF} = \frac{0,01^2}{0,01} = 0,01 \Omega$	$R_{PULF} = \frac{0,01^2}{0,42} = 0,2 \text{ m}\Omega$
$C = \frac{m}{B^2 l^2} \quad [F]$	$C_{PUHF} = \frac{0,14 * 10^{-6}}{0,01^2} = 1,4 \text{ mF}$	$C_{PULF} = \frac{28 * 10^{-3}}{0,01^2} = 280 \text{ F}$
$L = \frac{B^2 l^2}{k} \quad [H]$	$L_{PUHF} = \frac{0,01^2}{10000} = 0,01 \mu H$	$L_{PULF} = \frac{0,01^2}{84} = 1,2 \mu H$

Övriga värden beskrivs i avsnitt 14 med sut LL9226 1:20 enligt avsnitt 16. Här är en sammanfattning:

LP/pickup	LP-skivans styvhet	L_{PUHF}	0,01 μ H
	Dämpning i nålarm	R_{PUHF}	0,01 Ω
	Inverkan av nålens massa	C_{PUHF}	1,4 mF
Pickup	Pickupens interninduktans	L_i	9 μ H
	Pickupens internimpedans	Z_i	5,4 Ω
Pickup/tonarm	Komplians	L_{PULF}	1,2 μ H
	Dämpning i nålarmsinfästning och tonarm	R_{PULF}	0,2 m Ω
	Massans inverkan för pu och tonarm	C_{PULF}	280 F
Transducer	Inducerad spänning för MC inberäknat spolarnas utväxling i förhållande till nålen	BI	0,01
Tonarmskablar	SE 0.45m 33pF/m	C_{ta} -kablar	15 pF
Phonokablar	SE 1.25m 33pF/m + 2x10	C_{ph} -kablar	61 pF
SUT	26dB förstärkning	Omsättning	1:23
	Primärlindningens inre resistans	R_{p1}	1 Ω
	Primärlindningens läckinduktans	L_{p1}	9 μ H
	Primär-sekundär lindningskapacitans	C_{p1}	22 pF
	Korrigeringspole för avtagande magnetiseringsinduktans	L_{lp2}	35 mH
	Korrigeringsresistor för avtagande magnetiseringsinduktans	R_{lp2}	37 Ω
	Primär magnetiseringsinduktans	L_{p2}	1 H
	Sekundärlindningens inre resistans	R_{s1}	260 Ω
	Sekundärlindningens kapacitans	C_{s1}	30 pF
	Signalkablar	SE 1.00m 36pF/m + 2x10	C_{ic} -kablar
RIAA	MM-riaa	R_{riaa}	47 k Ω
		C_{riaa}	100 pF

Det kanske kommer ett beräkningsresultat från en simulering av detta, så att man kan se om modellen kan jämföras med en mätning. Vi får se. Det är inte det viktiga, utan syftet är att belysa metodiken. 😊

En reflektion är att metodiken visar på hur svårt det är att *räkna* fram en design. Precis som med övrig hifi och högtalare kan man använda en liknande metodik som kontrollverktyg när man sätter ihop delkomponenter till en helhet. Men det är (om inte omöjligt så) väldigt opraktiskt att försöka *dimensionera* delkomponenter efter det här. Man kan kontrollera och verifiera, men inte dimensionera.



⚠ This topic is now closed to further replies.


← GO TO TOPIC LISTING



Home > Forums > Euphonia Presentation > Artikelarkiv > Vinylspelare (huvudartikel)

All Activity

Theme ▾ Contact Us

Select Language 

Powered by  **Translate**

Timbre

Powered by Invision Community