

# Cartridge 101

## Wat is een phono element?

Zie het als een mechanische microfoon. Zoals een microfoon luchtdrukveranderingen omzet in een overeenkomstige spanning, zet een phono-element de mechanische topografie van een recordgroef om in een overeenkomstige spanning. Hoe gaat dit in zijn werk? Laten we om te beginnen eens kijken naar de anatomie van een phono-element vanaf het vinyl. Gezien de algemene eenvoud en relatief weinig onderdelen waaruit een phono-element bestaat (en de precisie waarmee het zijn werk moet doen), speelt elk onderdeel een belangrijke rol in het succes van een ontwerp. Geen enkel onderdeel is volledig geïsoleerd van de andere, en elke tekortkoming in één zal de taak van de anderen nadelig beïnvloeden.

**Naald** – Het materiaal dat contact maakt met het plaatoppervlak. Zijn massa en vorm zijn essentieel in zijn vermogen om het specifieke type groef in het plaatoppervlak nauwkeurig te traceren. Het doel is dat de naald de groef vasthoudt ondanks een mechanisch conflict tussen de naald en het plaatoppervlak.

**Cantilever** - Een staaf of buis die de naald verbindt met de generator van de cartridge.

**Ophanging** - Een elastisch apparaat (meestal een verscheidenheid aan rubber) dat de cantilever stevig op zijn plaats houdt, maar toch voldoende flexibel blijft om te kunnen bewegen zoals de naald doet.

**Ophangdraad (alleen MC-cartridges)** – Aan het generatoruiteinde is een draad bevestigd aan de cantilever die kan worden getrokken om een spanning van de spoelconstructie tegen het ophangelastomeer te creëren. Deze spanning bepaalt het gedrag van de ophanging in relatie tot de massa en volkkracht van de cartridge. Het is een kritische aanpassing bij het bouwen van de cartridge.

**Generator** – Het deel van de cartridge dat de beweging van de naald omzet in spanning. Er zijn veel verschillende soorten generatoren. We zullen ons concentreren op wat Sumiko biedt, namelijk bewegende magneet en bewegende spoelontwerpen. De beweging zelf in de spoelen of de magneten is minuscuul. Om een uniforme uitgangsspanning te bereiken vanuit alle bewegingshoeken zoals aangegeven door de

naald, moeten de tolerantie en positionering van de verschillende componenten waaruit de generator bestaat, zeer nauwkeurig zijn.

**Element body (montage structuur)** - Het samenstel waarin de generator is ondergebracht en de bevestigingsmethode van de generator aan de toonarm biedt.

## Details over de onderdelen van de cartridge

### Naald Materiaal & Vorm

De taak van de naald is om contact te houden met het vinyl. Het blijkt dat dit geen eenvoudige taak is. De naald moet klein genoeg zijn om in de kleine plaatgroef te passen. Het moet sterk genoeg zijn om de straf van het volgen van de plaatgroef met een zeer hoge relatieve snelheid te weerstaan. Het moet gemaakt zijn van een materiaal dat een zeer lage wrijving geeft tegen het plaatmateriaal, maar het niet overmatig verslijt, en het moet een lage massa hebben. Dit is een rigoureuze reeks ontwerpdoelen om te bereiken, en diamant past perfect bij de rekening. Diamant is extreem goed bestand tegen hitte, kan in veel verschillende vormen worden geslepen en gepolijst en is, gezien deze eigenschappen, voldoende laag in massa. De groeven die in de verschillende plaattypes zijn gesneden, zijn in grote lijnen vergelijkbaar, maar ze variëren aanzienlijk in vorm en grootte. Een mono-plaat, of het nu 78 of 33 is, heeft groeven die een zij-aan-zij patroon volgen, maar de dimensionale groefgrootte tussen de twee plaattypes is behoorlijk verschillend. De stereo-opnamegroef, of "Micro groove", heeft groeven die zowel zij-aan-zij als verticale patronen volgen. De vorm van de naald is een van de belangrijkste bepalende factoren voor hoe goed de naald de plaatgroef nauwkeurig kan volgen of "traceren".

### Mono groef afmetingen en naald formaten

De 78-toerenschijf zorgde voor een revolutie in de manier waarop mensen thuis naar muziek luisterden en waren daardoor erg populair. Er waren echter praktisch geen normen vastgesteld toen 78's werden gemaakt, dus er zijn ongeveer net zoveel verschillende groefafmetingen als er fabrikanten waren. Dat gezegd hebbende, alle 78 groeven zijn veel breder dan die op een LP. De vorm en grootte van de naald die het beste is voor het spelen van al deze soorten groeven varieert met de grootte van de groef en het plaatmateriaal. De primaire aanbeveling voor de naald vorm voor 78s is bolvormig (of conisch). Toen het voor het eerst werd geïntroduceerd, was de vorm van de naald in feite die van een ronde bal die

aan het uiteinde van de cantilever was bevestigd. Later werd een afgeronde punt aan het einde van een vierkante schacht gebruikt. De aanbevolen straal van de bolvormige naald tip voor 78s is ergens tussen de 1,8 en 4 mil, afhankelijk van wie de plaat heeft gemaakt.

## Stereo 45 & LP Groef afmetingen en naald vormen

In 1948 introduceerde Columbia de stereo Microgroove LP. Met zijn veel kleinere en strakkere groeven die in een plastic materiaal zijn geperst, werd de moderne plaat geboren. Er werd ook een nieuwe groefvorm geïntroduceerd. De zijanten van de groef hebben nu een hoek van 45 graden waardoor de naald de groef zowel horizontaal als verticaal kan volgen. Dit zorgt voor frequentie-, amplitude- en faserelaties tussen de twee kanalen terwijl de naald de groef volgt, en dus stereogeluid en beeldvorming. Columbia introduceerde ook een variabele spoed in het fabricageproces, wat een variabele afstand tussen de groeven tijdens het snijproces mogelijk maakt. Dit maakt het verder mogelijk dat de groefafstand groter wordt wanneer groeven met hoge amplitude worden gesneden, en vervolgens dicht bij elkaar worden gebracht voor stillere passages. Dit vergroot de lengte van muzikaal materiaal dat aan elke kant van een plaat kan passen aanzienlijk, maar het maakt het werk van de naald ook moeilijker.

## Enkele cijfers om over na te denken voordat we verder gaan....

- Smalste groef afmeting: <4 micron
- Breedste groef afmeting: >50 micron
- Lineaire reissnelheid van de stylus (buitenste groeven): 20" per seconde
- Lineaire reissnelheid van de stylus (binnengroeven): 8" per seconde
- Styluskracht op recordoppervlak: 4 ton per vierkante voet
- Stylus Tip Temperatuur: 320 graden
- Vinyl smeltpunt: 500 graden
- Kleinste groef afwijking: 0,075 micron
- Lineaire verplaatsing voor 10.000 Hz toon (buitenste groeven): 0,002" – 50,8 micron
- Lineaire verplaatsing voor 10.000 Hz toon (binnen groeven): 0,0008" – 20,32 micron

Aan de cijfers kun je zien dat de groef op een LP klein is, en naarmate de naald dicht bij het midden van de plaat komt, neemt de diameter van de plaat effectief af. Het betekent

ook dat de afstand die de naald aflegt om hoogfrequente groeven te traceren kleiner wordt en de groeven strakker worden. Een bolvormige naald van normaal formaat is te groot om in hoogfrequente groeven te passen naarmate ze dichter bij het midden komen. Een bolvormige naald met een kleine radius past in deze ruimte, maar volgt niet optimaal omdat de extreme topografie in de groef verhindert dat deze tijdens het afspelen blijft zitten. Bovendien wordt de volledige downforce toegepast op zeer kleine contactpunten, wat resulteert in een zeer hoge PSI op het vinyl. Hier worden vervorming en platenslijtage een probleem.

De komst van de elliptische naald vorm. De vorm biedt een breder contactpunt dat enigszins langwerpiger en vrij smal is, in de vorm van een ellips voor een groter contactoppervlak en een bredere gewichtsverdeling om de PSI te verlagen. De massa van de tip wordt verminderd met ongeveer 50% en hoger, afhankelijk van het diamantprofiel, en het grootste deel van deze massa wordt verwijderd van de voor- en staartuiteinden, zodat de diamant de strakkere modulaties aan het einde van een plaat kan passen. De standaard elliptische maten in de branche zijn als volgt:

10 x 18 micron – budget

8 x 18 micron – kwaliteit

5 x 18 micron – premium

Meestal worden deze maten niet aangeduid als een speciale naam of configuratie. Ze worden op fabricageniveau aangeduid op grootte en kosten en zijn voor veel fabrikanten zeer standaard styli. Elliptische styli werken redelijk goed voor stereo LP-weergave van de dag, maar de introductie van de CD-4 Quad (vier kanaals) LP bracht nieuwe uitdagingen voor de diamanten naald als het ware. De vereisten voor de naald werden een stuk strenger omdat CD-4 een weergave vereiste tot 45 kHz (tweemaal het hoge frequentiedoel waarvoor de elliptische naald werd ontwikkeld). De groeven met zo'n hoge frequentie zijn zeer delicaat en vatbaar voor missporen, beschadiging en wrijvingslijtage. In 1972 ontwikkelde Norio Shibata de inmiddels beroemde Shibata-stylus voor JVC. Deze toen nieuwe vorm was bedoeld om afspeelfrequenties aan te kunnen die voldoen aan de vereisten van CD-4 door de contactbreedte van de naald te verkleinen en de contactlengte te vergroten. Deze naaldvorm is ook veel lager in massa, een vereiste voor het traceren van de 45 kHz-groeven, maar ook om wrijving te verminderen. Het contactoppervlak van Shibata is veel groter dan dat van een sferische en elliptische naald, maar omdat het de

volgkracht verder verdeelt over een groter gebied, wordt de PSI aanzienlijk verminderd, wat wrijving en warmte verlaagt.

Als referentie voor vergelijking met de hierboven vermelde elliptische afmetingen, zijn de afmetingen van de Shibata-styli als volgt:

6 x 75 micron – groot

6 x 50 micron – smal

Voor de bedrijven die de naam Shibata niet wilden promoten of op de markt wilden brengen, werd de naald ook "Line Contact" genoemd en onder vele andere namen op de markt gebracht. Een belangrijk nevenvoordeel van Shibata's smallere en langere contactvlak is het sterk verbeterde trackingvermogen, het afspelen van hoge frequenties en betere platenslijtagekenmerken voor standaard LP's. Een nieuw niveau van standaard LP-prestaties werd bereikt. Waar de bolvormige en grotere elliptische stylusvormen de platen mogelijk hebben beschadigd als gevolg van mistracking en wrijvingslijtage, kon de Shibata-naald dieper in de groef reiken, waarbij een deel of al die schade werd omzeild en LP's waarvan men dacht dat ze versleten waren, klonken als nieuw. Het was nogal een openbaring.

De volgende fase van de ontwikkeling van de naald werd tot stand gebracht door experts uit de industrie die de snijkop nauwkeuriger bekeken (en ernaar streefden deze te repliceren). Ze wisten dat de robijnen op de snijkop die werden gebruikt om de lak te snijden bij het maken van een LP, groeven sneden die kleiner en nauwkeuriger waren dan wat zelfs de Shibata-naald nauwkeurig kon traceren. Het doel was om de vervorming van de zijradius (de breedte van het contactvlak) verder te verminderen om het trackingvermogen voor hoge frequenties verder te vergroten en de wrijving nog verder te verminderen. De voordelen hier zijn een breder, schoner en dynamischer frequentiespectrum, evenals een langere naald en een langere levensduur van de naald. Met behulp van computergestuurde apparaten worden deze diamanten geslepen en gepolijst om extreem kleine en uniek gevormde contactvlakken te krijgen. Deze zich voortdurend ontwikkelende golf van naald vormen is in staat om de LP-groef te traceren in zeer weinig conflict met het vinyl. Op de juiste manier ingesteld en geoptimaliseerd, kunnen ze verbazingwekkende niveaus van helderheid, dynamiek, natuurlijkheid en ja, een lange levensduur bieden. Het opzetten kan echter ook hun ondergang zijn. Omdat het contactvlak erg smal is, is de verminderde massa van de naald gevoeliger voor

beschadiging als de uitlijning, volgkracht, azimut en anti-skating niet goed zijn geoptimaliseerd. Zelfs slechte lagers in de toonarm kunnen bijdragen aan het probleem. Bovendien kan een zich misdragende naald van een van deze vormen ook goed je vinyl beschadigen.

Om de naald vormen samen te vatten: de vele exotische styli die beschikbaar zijn, streven ernaar om de snijkop nauwkeurig na te bootsen. In de loop der jaren zijn lijncontact-styli steeds verfijnder geworden en zullen ze de grootst mogelijke prestaties leveren met oude en nieuwe LP's.

## Voorwaarden voor de moderne naald om te goed te functioneren

We houden het voor deze discussie bij gedraaide toonarmen. Sommige zijn smaller en langer dan andere, maar de principes blijven constant. Zoals eerder vermeld, zal de naald de plaat in een boog doorkruisen. Met de geometrie die wordt gebruikt om een naald in de LP-groef uit te lijnen, zijn er slechts twee punten op een LP waar de twee vlakken van de naald precies raken aan de manier waarop de snijnaald de lak snijdt. Op elke andere plaats op de plaat volgen de twee vlakken een voortdurende rotatie van de naald in de groef en het ene kanaal is nooit precies gelijk aan het andere kanaal in hoe het de plaatgroef "ziet". Er zijn strategieën in het ontwerp van de naald waarmee de naald beter kan omgaan met moeilijke omstandigheden. Over het algemeen komen bij exotische vormen exotische opstellingseisen. Hoe smaller het contactvlak op de naald, hoe nauwkeuriger de uitlijningsvereisten worden. Een niet goed uitgelijnde naald met een heel klein contactvlak kan snel een mes worden, waardoor records heel gemakkelijk worden gesneden, terwijl het tegelijkertijd wordt beschadigd door de wrijving en verhoogde hitteniveaus. Aan de andere kant levert een goed uitgelijnde naald met een klein oppervlak een zeer lage wrijving, minimale trackingproblemen en een zeer lange bruikbare levensduur op (naast dat hij beter klinkt).

## Cantilever

De cantilever is het onderdeel dat de beweging van de naald verbindt met de generator aan het uiteinde tegenover de naald. Gezien de hoeveelheid energie waarmee u nu vertrouwd bent op naald niveau, kunt u ook beginnen te begrijpen hoeveel energie er via de cantilever wordt overgedragen. De perfecte cantilever zal een laag gewicht hebben om de groeftracering van de naald niet te hinderen, perfect stijf zodat het de bewegingen perfect

overbrengt, en zal niet zodanig resoneren dat het zijn eigen energie aan de stylus of generator toevoegt. Cantilevers kunnen worden gemaakt van aluminium, boor, saffier, robijn en een aantal andere materialen.

## Ophanging

Een ophanging van een phono-element is als de poortwachter van succes in een phono-element. De ophanging is meestal gemaakt van een meegevend elastomeermateriaal waardoor de cantilever vrij kan bewegen in de afmetingen die de stylus vereist, maar ook de resonantie die van de cantilever komt dempt. Het voorkomt ook microtrillingen van de naald in de plaatgroef en houdt de cantilever op zijn juiste plaats ten opzichte van de generator. Hoeveel het beweegt, wordt gemeten in 'cu' (compliance-eenheden). Het wordt uitgedrukt als een getal dat er als volgt uitziet: 10-6cm/dyne@100Hz, of in alledaagse taal, 10cu. Hoe hoger het eerste getal, des te complianter de opschorting. Hoe lager het getal, hoe stijver de vering (minder meegaand). De ophanging is typisch langs de cantilever gepositioneerd zodat deze het draaipunt van de cantilever constructie definieert, en is veel dichter bij de generator dan bij de naald geplaatst. Als het verkeerd is ontworpen (te stijf, niet stijf genoeg, te veel rebound, te lang geheugen of verkeerd behandeld), zullen de geluidskwaliteit en de levensduur van de naald/opname negatief worden beïnvloed. Volgkracht en zelfs kamertemperatuur zijn verdere overwegingen voor een goed presterende vering. Een correct ontworpen en toegepast ophangstelsel zorgt voor een naald die soepel en moeiteloos de plaatgroef kan volgen, waardoor de bewegende structuur aan het andere uiteinde van de naald op een uniforme manier met de generator kan communiceren. Omdat de ophanging meestal is gemaakt van een verscheidenheid aan rubber, is deze na verloop van tijd onderhevig aan degradatie als gevolg van gebruik door afschuiving, maar ook door omgevingscondities. Een ophangstelsel in een warme en vochtige omgeving gaat niet zo lang mee als in een mild klimaat, net zoals een patroon in een zeer warm en droog klimaat nadelig wordt beïnvloed. Als de platenspeler in direct zonlicht staat, verkort dit de levensduur. Vooruitgang in materialen door de jaren heen heeft geleid tot robuustere rubbersamenstellingen die beter standhouden, maar de zeer kleine hoeveelheid materiaal in verhouding tot de hoeveelheid trillingsenergie waarin het te maken heeft, zorgt voor een zeer moeilijke ontwerpdracht voor ingenieurs. Wat de prestaties betreft, is een consistente omgevingstemperatuur de belangrijkste sleutel tot het verkrijgen van een consistent geweldig resultaat met een correct ingestelde phono-element. Sommige audiofielen plaatsen zelfs een lamp bij de draaitafel om de omgevings

temperatuur voor het element, en velen houden zelfs een temperatuurmeter in de buurt. Praktisch gezien is een te koude vering niet voldoende meegaand, een te warme vering te meegaand.

## Moving Magnet (MM) Elementen

Aan het bovenste uiteinde van de cantilever is een magneet bevestigd die een positief en negatief aspect heeft, net als elke magneet. De magneet straalt energie uit, een fluxveld genaamd, dat wordt gemeten in eenheden van dichtheid die gauss worden genoemd. Als onderdeel van hetzelfde samenstel, beweegt de beweging van de stylus de magneet dienovereenkomstig. Bij de magneet bevindt zich een vast paar draadspoelen (twee draden, vier uiteinden, positief en negatief voor elk kanaal) die in een zeer specifieke configuratie rond een kernmateriaal zijn gewikkeld. Op basis van de wet van inductie, wanneer het veld van de magneet van positie verandert ten opzichte van de vaste spoelen, is het resultaat een elektromotorische kracht (spanning). Hier is het gebruik van het woord 'kracht' geen fysieke beschrijving, maar verwijst het naar elektrische druk of intensiteit, en het speelt een rol in de aard van hoe de spanning wordt ontwikkeld. Dit is een belangrijk concept om te begrijpen. Als directe reactie op de stylus in de plaatgroef wordt actief elektromotorische kracht (spanning) geproduceerd. Het is geen wiskundige weergave zoals die van digitaal materiaal. Wanneer we spreken of wanneer een muziekinstrument wordt bespeeld, worden veranderingen in de luchtdruk fysiek in gang gezet als direct gevolg van die activiteit, vandaar ons gebruikelijke gebruik van het woord analoog; de basisactie van het afspelen van LP's bootst wat er in de echte wereld gebeurt na. Een microfoon lijkt qua concept erg op elkaar. Het diafragma in een microfoon reageert op drukveranderingen veroorzaakt door een bron, b.v. een stem die ervoor zorgt dat magneten en spoelen op elkaar inwerken en een elektromotorische kracht produceren die kan worden versterkt om te luisteren en/of op te nemen. In een phono-cartridge bepaalt de richting waarin de stylus beweegt (links, rechts, omhoog, omlaag) welke combinatie van spoelwikkelingen wordt geactiveerd door de veranderende positie van de magneet. Zo wordt het signaal linker- of rechterkanaalinformatie (of beide). De sterkte van de magneet en het aantal windingen op de spoelen bepalen hoeveel uitgangsspanning het systeem zal genereren. Een punt van commercieel belang hierbij: de lijningangstrap van een voorversterker vereist 1,0 – 1,5V signaalniveau aan de ingang om het muzieksignaal verder te versterken en door te geven aan de versterker. Aangezien een phono-cartridge zich alleen ontwikkelt tot de nominale uitgangsspanning, moet de resterende spanning worden



ontwikkeld via een soort elektronische versterkingsmethode (versterking). Het ontwikkelen van de hoeveelheid versterking (45dB) voor een apparaat met hogere output, zoals een MM-cartridge, is veel gemakkelijker en goedkoper om te bereiken wat nodig is voor een MC met een lage output (60dB - 65dB). De primaire kosten die gepaard gaan met hoge winst, zijn het ontwikkelen van de benodigde hoeveelheid terwijl ruis wordt geminimaliseerd. Er kan een zeer sterke commerciële zaak worden gemaakt dat, tenzij men bereid is meer uit te geven aan een goed ontworpen en uitgevoerde phono-sectie met lage ruis en hoge versterking, een MM-cartridge met een hogere output over het algemeen heel goed zou kunnen presteren beter dan een MC-ontwerp met een lagere output. Bovendien varieert de aard van de spanningsopwekking tussen MM en MC. Met een cartridge met een hogere uitgangsspanning wordt meer van de elektromotorische kracht fysiek gegenereerd dan elektronisch, wat een gebied is waar een MM-ontwerp een duidelijk prestatievoordeel kan hebben ten opzichte van een MC met een lagere output. Het belangrijkste nadeel van het MM-ontwerp is dat de massa van de magneet hoger is dan die van de naald. Door de massa aan de bovenkant van de cantilever is de reactietijd van de naald langzamer omdat deze ook de zwaardere magneet in beweging moet brengen (met behoud van controle). Om de naald te helpen de massa van de magneet te accommoderen, is het ophangstelsel voor een MM-cartridge doorgaans afgestemd om redelijk meegaand te zijn, wat betekent dat de rubberen ophanging een zeer milde mechanische weerstand uitoefent op de beweging die door de naald wordt bepaald. Vanwege de hogere compliantie in dit type ontwerp, is de massa van de cartridge meestal vrij laag (met een hogere  $Q$ -waarde) en wordt deze gecombineerd met een toonarm met een lagere massa. Vanwege de hogere interne impedantie van een MM-cartridge, is resistieve belasting geen probleem en is de standaard belastingswaarde van 47 kHz geschikt. Vanwege de spoel inductie van een MM-generator kan deze echter sterk worden beïnvloed door de capaciteit. Een oude aanbeveling van de industrie om 400 pF aan capaciteit te gebruiken met MM-cartridges is een beetje vreemd. Een capaciteitswaarde van 150pF resulteert over het algemeen in een hoge frequentiestijging vanaf ongeveer 3kHz en is +2dB bij 10kHz. Een waarde van 256pf begint nog lager te stijgen en heeft een piek van +5dB bij 9kHz. Het is een goede vuistregel om de capaciteitskeuze onder 200pF of de laagste waarde op het phono-gedeelte te houden, maar als de informatie beschikbaar is, volg dan wat de fabrikant aanbeveelt!

## Moving Coil (MC) Elementen

Een MC-generator gebruikt hetzelfde basisprincipe als een MM, maar aan het bovenste uiteinde van de cantilever zijn een paar spoelen gewikkeld rond een vormer en het zwaardere magnetische systeem is op zijn plaats bevestigd. Het voordeel van dit ontwerp is dat er veel minder massa aan de cantilever wordt vastgemaakt; de naald heeft minder massa om in beweging te brengen en wordt dus veel minder beïnvloed door die corresponderende beweging. Er zijn veel strategieën om de massa van de structuur waar de spoelen omheen zijn gewikkeld te verminderen, evenals de draden zelf. Net als bij een MM-cartridge bepalen de sterkte van het magnetische veld en de hoeveelheid draad die om de eerste is gewikkeld, de uitgangsspanning. Een probleem dat met dit ontwerp moet worden opgelost, is het verkrijgen van een uniform fluxveld rond de spoelen en in de loop der jaren zijn er veel verschillende oplossingen gebruikt. In sommige MC-ontwerpen is de magneet boven en aan de achterkant van de spoelen geplaatst. Aan de magneet zijn twee gemagnetiseerde componenten bevestigd die poolstukken worden genoemd, en zoals hun naam al doet vermoeden, breiden ze de positieve of negatieve velden uit naar de voor- of achterkant van de spoelconstructie. Als het paar spoelen van positie verandert ten opzichte van de poolstukken, wordt een spanning gegenereerd die overeenkomt met wat de naald dicteert. Omdat het doel is om een spanning te genereren die de modulaties in de groeven gelijkmatig weergeeft, is het creëren van een uniform fluxveld enorm belangrijk.

Andere MC-ontwerpen gebruiken ringmagneten aan weerszijden van de spoelen om een meer gebalanceerd fluxveld te bereiken. Houd er rekening mee dat de beweging van de naald minuscule is, en omdat deze zich aan het andere uiteinde van de cantilever bevindt, is deze ver weg van het draaipunt in de buurt van de spoelen, dus de naald beweegt met een veel grotere verplaatsing dan de spoelen in het fluxveld. Denk daar even over na en bedenk dat de kleinste afwijking in de groef 0,01 micron is. Om een nauwkeurig elektrisch model te maken dat de minuscule beweging van de naald weergeeft, zal de uniformiteit van de magneetsterkte, de weerstand van de draad, de precisie van de spoelwindingen en waarschijnlijk de fase van de maan bepalen hoe goed het systeem spanning genereert die lijkt op de beweging van de stijltang. Uitgangsspanning van een MC-ontwerp kan variëren van slechts 0,15 mV tot 3 mV aan de bovenkant van het bereik. Wanneer de uitgangsspanning veel lager is dan 0,2 mV, moet de phono-versterking minimaal 62 dB zijn, zo niet meer, en kan ruis een probleem gaan vormen. De meeste MC's met een hoog uitgangsvermogen van 2,0 mV en hoger kunnen zonder ruis door een MM-phono voorversterker lopen.

# Element Bevestigings Structuur (Behuizing of Body)

Dit is een zeer belangrijk onderdeel van de oplossing. De body (behuizing) moet de generatoreenheid stevig op zijn plaats houden. Elke beweging van de generatorconstructie brengt de precisie van het hele systeem in gevaar. Veel energie wordt door de generator naar het lichaam overgebracht omdat ze zo stevig met elkaar verbonden zijn, dus het lichaam moet zo vrij mogelijk zijn van resonantie. Elke energie die als resonantie in het lichaam wordt gegenereerd, kan ook terug naar de generator worden overgebracht, waardoor de functie ervan in gevaar komt. Een doel van de body is om een schoon en direct energiep pad te creëren met een lage mechanische impedantie tussen de generator en de headshell. Energie gaat van de cartridge naar de toonarm. Hoe directer en met een lagere weerstand dat mechanische pad is, hoe minder mechanische energie er in de generator wordt opgeslagen, waardoor deze ideaal kan functioneren. Zoals met alle dingen in audio, is er een veelvoud aan strategieën die betrokken zijn bij het bereiken van dit doel, sommige effectiever dan andere. Omdat zij verantwoordelijk zijn voor het bevestigen van de cartridge aan de toonarm, zijn montageschroeven ook een factor. Bij het kiezen van welk materiaal je voor de schroef wilt gebruiken, is het altijd het beste om iets niet-magnetisch materiaal te gebruiken om het magnetische systeem in de generator niet te beïnvloeden. Niet-magnetisch roestvrij staal, aluminium en messing zijn het populairst, en ja, omdat de schroeven onderdeel worden van het mechanische systeem, kan het materiaal waaruit ze zijn gemaakt de resonantiekenmerken van de cartridge- en headshell-relatie beïnvloeden. Hoewel ze een beetje massa toevoegen, en sommigen zouden zeggen dat ze de energieoverdracht van cartridge naar toonarm in gevaar brengen, is het een goed idee om ringen tussen de schroeven en de headshell te gebruiken. De draaikracht van de schroefkop tegen de headshell kan het oppervlak van de headshell aantasten. Het gebruik van een ring vereist minder draaien en levert meer uniforme downforce op met weinig of geen schade aan de headshell.

## Element Instellingen

'Resistive loading' verwijst naar de praktijk van het toepassen van belastingsweerstand over de + en - leads op een MC-cartridge. Er zijn twee aspecten van dit nogal onbegrepen onderwerp: wat weerstand doet met de cartridge en wat met het systeem. Laten we eerst

eens kijken naar de laadweerstand en het systeem. De draden in de cartridge hebben inductie. De bekabeling die van de toonarm naar de phono-sectie gaat, heeft capaciteit. De inductie van de cartridge interageert met de capaciteit van de kabel, die een resonerende energiepiek vormt bij zeer hoge frequenties (MHz). Dit is niet dezelfde reactie als capaciteit in een MM-ontwerp waarbij de capaciteitswaarde een hoorbare hoge frequentiestijging kan veroorzaken die begint in het 3 kHz-gebied. De inductantie in een MC-patroon is te laag om op dezelfde manier te reageren. Hoeveel energie er in deze piek zit en hoe hoog een frequentie precies is, hangt af van de uitgangsimpedantie van de cartridge en de capaciteit van de toonarmdraad. Hoewel de frequentie van de resonantie-energie veel te hoog is om te horen, ligt deze hoogstwaarschijnlijk ook ver buiten de functionele bandbreedte van de phono-sectie, waardoor deze op de een of andere manier reageert. Deze energiepiek zal waarschijnlijk de signaalstabiliteit verminderen, de ruis verhogen en intermodulatievorming in de phono-elektronica produceren. Resistieve belasting van de phono-cartridge kan tot gevolg hebben dat die resonantie-energie tot bijna nul wordt gedempt, waardoor een potentieel enorme last van het phono-gedeelte wordt weggenomen. De regel voor dit aspect van resistieve belasting is als volgt: een phonokabel met hoge capaciteit ( $>150\text{pF}$ ) vereist een lagere belastingsweerstand om de piek te dempen, een phonokabel met lage of ultralage capaciteit ( $<50\text{pF}$ ) vereist minder resistieve belasting om hetzelfde doel bereiken. Opmerking: Bij een belasting van 47 kHz en zelfs bij gebruik van een phonokabel met ultralage capaciteit, zal een cartridge met lage interne impedantie een zeer aanzienlijke resonantie-energiepiek veroorzaken.

Het tweede aspect van het laden van cartridges houdt in hoe het de cartridge zelf beïnvloedt. Wanneer een belastingsweerstand over de + en - pinnen van de cartridge wordt gestoken (meestal met behulp van een set schakelaars op de phono-sectie), stroomt de spanning die door de cartridge wordt gegenereerd als stroom door de weerstand. Het effect op de cartridge is een elektromechanische verstijving van het veersysteem en een verminderde output van de generator. Hoe dichter de belastingsweerstandswaarde bij de interne impedantie van de cartridge ligt, hoe groter het effect op de compliantie en hoe lager de uitgangsspanning wordt. Het belemmeren van de conformiteit van de cartridge met een te lage weerstandswaarde zal de dynamiek en de hoge frequentierespons verstikken, en het verlagen van de uitgangsspanning zal je dwingen meer winst te halen uit het phono-gedeelte of de volumeknop. Het blijkt dat het bepalen van de juiste belastingsweerstandswaarde erg ingewikkeld kan zijn als je je aan de theoretische

oplossingen wilt houden. Het goede nieuws is dat de meeste luisteraars de belastingsweerstandswaarden gebruiken die vooraf zijn bepaald in de phono-sectie, en het laden kan worden ingesteld door aanbevolen waarden en/of op het gehoor. We vinden dat de meeste MC-cartridges met een laag uitgangsvermogen eindigen met een laadwaarde van 100 - 1000 ohm, waarbij de meeste meer neigen naar de lagere weerstandswaarden van dat bereik. Als je een muziekstuk kiest met een goede opnamehelderheid, mooie dynamiek en uitgebreide bas, kun je gemakkelijk bepalen welke waarde het beste bij je systeem past, ongeacht welke componenten of bekabeling je gebruikt.

## Phono Voorversterker Instellingen

Variabele versterkingsinstellingen bepalen de versterking die de phono-sectie zal gebruiken om de uitgangsspanning van de cartridge die naar de lijntrap gaat te verhogen. Het doel voor de cartridge om een vergelijkbare uitgangsspanning te hebben als een apparaat op lijnniveau (ongeveer 1V). Het afstemmen van de versterking van de phono-sectie op de uitgangsspanning van de cartridge moet zorgvuldig worden overwogen. Te veel spanning naar een high-gain circuit zal resulteren in overbelastingsvervorming. Omgekeerd zal een lage uitgangsspanning die naar een circuit met te weinig versterking gaat, luidruchtig zijn met een slechte dynamiek. Hier zijn typische uitgangsspanningen en bijbehorende versterkingsinstellingen:

3 – 6mV: 36dB

1 – 3mV: 43 dB

0.3 – 1.0mV: 53dB

0.25 – 0.3mV: 62dB

0.15 – 0.3mV: 65 db

## Element Uitlijning

Op dit punt moet het duidelijk zijn dat de uitlijning van de naald in de groef van cruciaal belang is. De relatie tussen de naald en de groef kan niet met het blote oog worden gezien, dus we moeten op hulpmiddelen vertrouwen om de klus te klaren. Er zijn verschillende manieren om dit te realiseren. De meest nauwkeurige manier is om een triangulatietool te gebruiken. Terwijl het element over de LP beweegt, zijn er slechts twee nulpunten op de hele plaat waar de twee naaldvlakken raken aan wat de snijkop in de lak heeft geëtst. Voor

de rest is het een compromis. Het doel is om de cartridge in de headshell te plaatsen, zodat er zo min mogelijk mistracking of vervorming optreedt. In 1938 maakte Erik Lofgren een berekening op basis van de Thales Circle Theorem die locatiecoördinaten geeft voor een cartridge om lage tracking error en vervormingscijfers te verkrijgen. Door de afstand van de draaitafel as tot het draaipunt van de toonarm en de effectieve lengte van de toonarm te geven, levert de berekening waarden op voor overhang en offsethoek. Met andere woorden, deze waarden bieden een richtlijn voor waar in de headshell en onder welke hoek het element moet worden vastgezet. Elke afwijking van de exacte aantallen voor spindel tot draaipunt en effectieve toonarm lengte en er is een vermenigvuldigend effect op hoe ver de punt van de naald van de juiste uitlijning verwijderd zal zijn. Het mooie van een triangulatie-uitlijningstool is dat het op zijn plaats wordt vastgeschroefd waar de toonarm zich daadwerkelijk bevindt, zelfs als het op de verkeerde plaats zit! Er zijn andere uitlijnhulpmiddelen die rekening houden met waar de arm zich daadwerkelijk bevindt, waaronder een tweepunts uitlijningsmeter. Met dit hulpmiddel kunt u de juiste positie en hoek vinden om de cartridge te monteren door de punt van de naald op een van de twee roosters te plaatsen en vervolgens op de andere, en de patroon te verplaatsen totdat de punt van de naald en de cantilever gelijkmatig op beide roosters zijn uitgelijnd. Het kan tijdrovend zijn, maar de tool is goedkoop en nauwkeurig. Er zijn ook uitlijningsgeometrieën van namen als Baerwald, Stevenson, Seagrave, Kessler en Pisha. Deze gebruiken allemaal precies dezelfde wiskunde als wat Lofgren heeft verstrekt, maar zijn aangepast aan het doel van de uitlijning om verschillende nulpunten op het record te bieden.

## Optimalisatie van de Element Instellingen

Als we de uitlijning van het element als een vaste waarde beschouwen, zijn er vier variabelen die moeten worden aangepakt om een cartridge te helpen optimaal te presteren op vinyl. Begrijp vanaf het begin dat niets kan worden 'geperfectioneerd' als het gaat om uitlijning en optimalisatie van cartridges. Het beste wat we kunnen bieden is een uitgebalanceerd systeem waarin alle aspecten van het mechanisme elkaar het minst bestrijden.

### Tracking Force (naalddruk of volggewicht)

Er zijn twee hoofddoelen voor het vinden van de juiste waarde van de naalddruk:

1. Om voldoende neerwaartse kracht op de naaldpunt op het vinyl te krijgen, zodat deze contact houdt met de plaatgroef, en
2. Om de spoelen op een neutrale plek binnen het fluxveld te plaatsen .

Over het algemeen zal de volgkracht binnen het bereik van de fabrikant resulteren in voldoende neerwaartse kracht om de punt stevig in de groef te houden. Dit laat de spoeloriëntatie als de resterende waarde om te bepalen. Wanneer de spoelen zich in een magnetisch gelijke positie tussen de twee geladen polen bevinden, zullen de spoelen uniform bewegen en gelijkspanning ontwikkelen. Afhankelijk van het ontwerp en de implementatie van hoe het fluxveld is gedefinieerd ten opzichte van de spoelen, is er mogelijk geen lineair gedrag van de cartridge op de een of andere manier in termen van hoe de cartridge reageert op een verandering in volgkracht. De juiste volgkrachtwaarde voor twee cartridges van hetzelfde ontwerp zal hoogstwaarschijnlijk van elkaar verschillen. Beide vallen binnen het gespecificeerde bereik, maar wees niet verbaasd als er een verschil is van maar liefst 0,75 g tussen monsters.

## VTA & SRA

De verticale volghoek (VTA) en de hellingshoek van de naald (SRA) verwijzen naar verschillende aspecten van cartridge-uitlijning. VTA is de hoek van de cantilever ten opzichte van het oppervlak van de plaat, SRA is de hoek van de naald in de groef ten opzichte van dat oppervlak. Er is veel discussie over de juiste SRA voor een naald. In de praktijk wordt de plaatgroef niet onder een bepaalde hoek in een lak gesneden. De omstandigheden van de lak, snijkop en zelfs muziekinhoud zullen van invloed zijn op hoe de opnametechnicus die specifieke plaat zal snijden, met behulp van een snijhoek die een zuivere en consistente groef over de hele plaat mogelijk maakt. Bovendien zal de recorddikte de vereiste armhoogte veranderen om de juiste SRA te behouden.

## Azimuth

Azimuth is de relatie van de ene kant van het element ten opzichte van de andere kant, aangezien de naald zich in de groef bevindt. Het doel is dat de linker- en rechterkant op gelijke afstand van de plaatgroef liggen. Azimuth wordt beïnvloed door de positie van de headshell, de anti-skating kracht en de naald snelheid. Men kan de headshell (of de hele toonarm) draaien om de azimuthhouding te beïnvloeden, maar er moet ook rekening

worden gehouden met krachten zoals anti-skate. De azimuth op een uni-pivot toonarm wordt bijvoorbeeld gemakkelijk beïnvloed door onjuiste anti-skatekracht. Zelfs bij toonarmen met vaste lagers kan het azimuth worden verstoord door de soepele aard van het element ophangstelsel dat reageert op schaatskrachten. Het concept van het aanpassen van de azimuth met behulp van een testtoon en een meetinstrument kan de azimuth dichtbij krijgen, maar als men dezelfde meting verder in de plaat zou nemen, zou de schaatskracht voldoende invloed hebben om een onjuiste azimuth-instelling aan te tonen. Azimuth kan daarom het beste op het gehoor worden afgesteld, met behulp van een grote verscheidenheid aan muziek op verschillende punten in de boog van de toonarm. Het vinden van de beste algemene azimuthpositie is een gemiddelde van hoe de cartridge presteert, waarbij rekening wordt gehouden met veel verschillende factoren.

## Anti-skate kracht

Anti-skate kracht gaat zijwaarts gerichte kracht tegen die wordt uitgeoefend door groefweerstand en wrijving op de naald die van richting verandert in de recordgroef. Naarmate de omtrek van het record afneemt met de naald die naar het midden beweegt, hebben de naald snelheid, smaller wordende groeven, uitlijningsparameters, meegaandheid, armstabiliteit en zwaartepunt van de arm allemaal invloed op hoe het schaatsen de wrijving van de naald beïnvloedt. Anti-skate is een andere aanpassing die het beste kan worden gemaakt met een grote verscheidenheid aan muziek en op verschillende punten op de plaat.

Houd er bij het optimaliseren van de verschillende parameters bij het instellen van de cartridge rekening mee dat het veranderen van de ene variabele invloed heeft op de andere. Als de cartridge bijvoorbeeld eenmaal is uitgelijnd, heeft het wijzigen van de volgkracht of SRA invloed op die uitlijning. Variërend met het armontwerp, zal het veranderen van SRA de volgkracht beïnvloeden, anti-skate zal de azimuth beïnvloeden, het laden van de cartridge zal de volgkracht en anti-skate beïnvloeden. Het beste wat u kunt doen, is tot een evenwicht komen tussen consistente prestaties over alle parameters heen. Het laatste 'inbellen' van een cartridge doe je het beste door goed naar je favoriete opnames te luisteren. Jij weet het beste hoe ze in jouw systeem moeten klinken.

Happy listening!