

# pick-up-elementen en hun korrekties

Kristalelementen en magneto-dynamische elementen worden al jaren naast elkaar gebruikt. De auteurs willen in dit artikel de voor- en nadelen van beide elementen tegen elkaar afwegen waarna enige korrektieversterkers worden behandeld om met deze elementen optimale resultaten te bereiken.

H.R.E. van Maanen  
en  
H.J. van Dijk

## De elementen

Het kristalelement is een eenvoudig te konstrueren en daardoor goedkoop element, dat licht van gewicht is en daarom geen problemen geeft met de ophanging. Tevens geeft het een tamelijk hoge uitgangsspanning waardoor een dergelijk element op een ongevoelige (en daardoor goedkope) voorversterker kan worden aangesloten. Beschouwingen over plaatsnijkaracteristieken en het gedrag van het kristalelement t.o.v. het magneto-dynamische element voorspelden een lineaire frequentieresponsie zonder correctie. Ook dit maakt het kristalelement aan-

trekkelijk voor toepassing in goedkopere installaties.

Bij duurdere installaties wordt gewoonlijk gebruik gemaakt van het magneto-dynamische element. Dit element geeft aanzienlijk minder spanning af, en vereist een speciale correctie en een gevoelige versterker. Tevens levert dit element nog extra moeilijkheden met de ophanging door het veel grotere gewicht van dit element. Door de betere laagweergave is ook een draaitafel vereist die aanzienlijk minder rumble mag vertonen dan een draaitafel met een kristalelement. Dit zijn de voornaamste redenen dat het magneto-dynamische element slechts

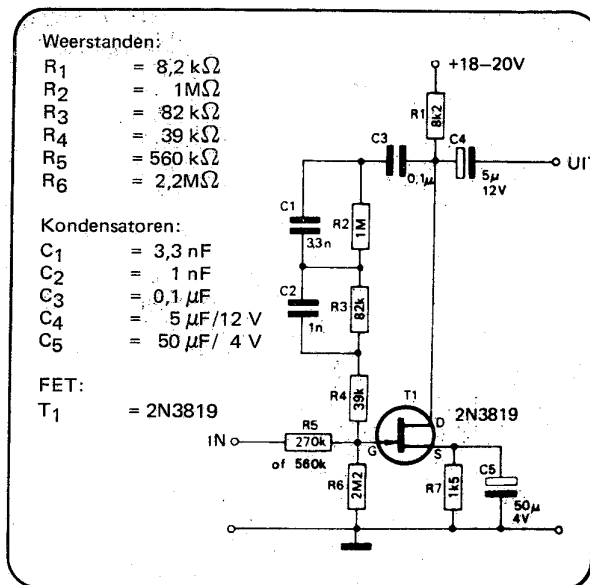
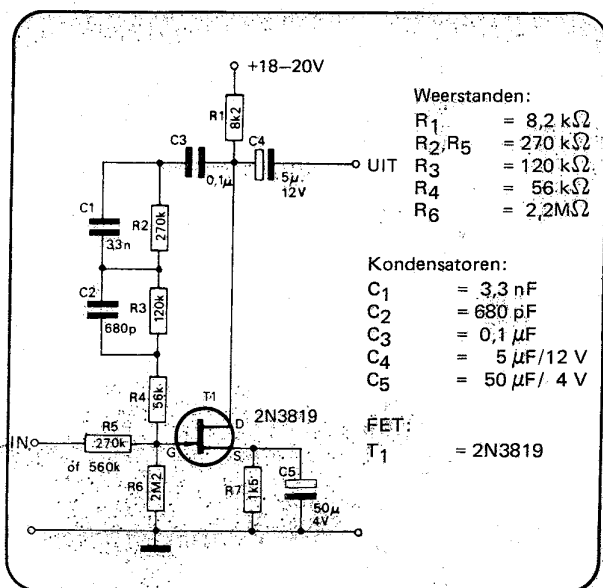
op duurdere installaties wordt aange- troffen.

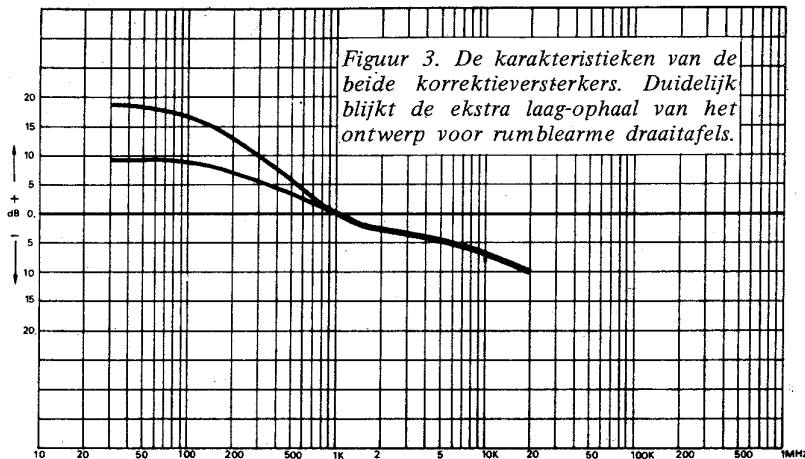
## Verbetering voor kristalelementen

Na experimenten om de geluidswear- gave van kristalelementen te verbeteren bleek duidelijk, dat een correctie- versterker wel degelijk is vereist. Een volledige beschrijving van deze eksperimen- ten (en de resultaten daarvan) is te vinden in elektuur; dec. 1970 en febr. 1971. De daarin beschreven correctie- versterker (nogmaals afgebeeld in fi- guur 1) is het meest geschikt voor draaitafels die niet rumblearm zijn. Het is gebleken, dat het voor rum-

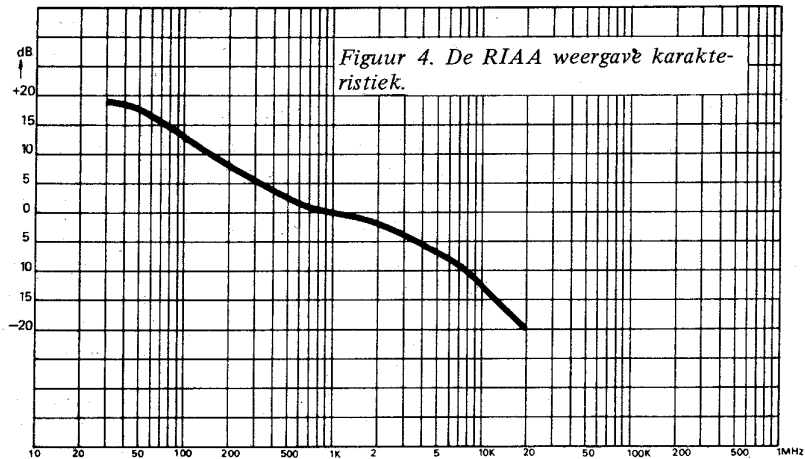
Figuur 1. De kristalkorrektieversterker voor niet-rumblearme draaitafels.

Figuur 2. De kristalkorrektieversterker voor rumblearme draaitafels.

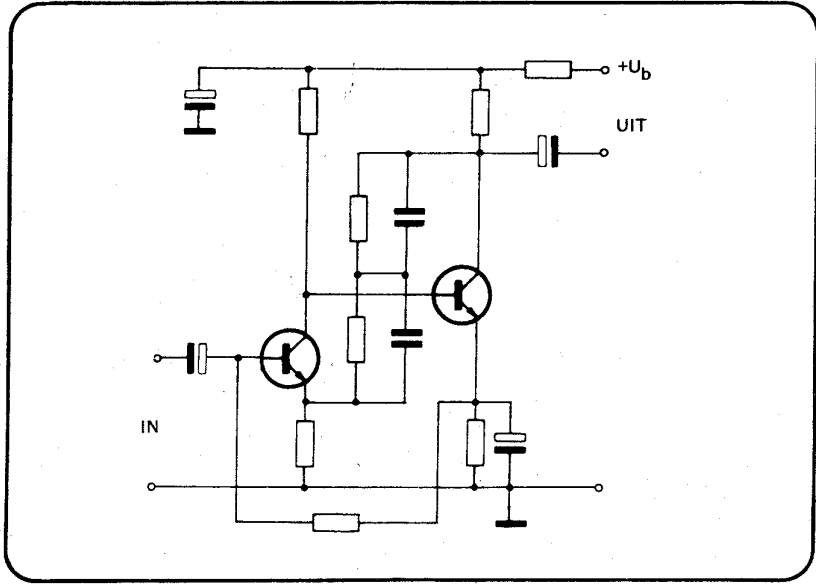




*Figuur 3. De karakteristieken van de beide correctieversterkers. Duidelijk blijkt de extra laag-ophaal van het ontwerp voor rumblearme draaitafels.*



*Figuur 4. De RIAA weergave karakteristiek.*



blearme draaitafels mogelijk is om de laagophaal niet bij 165 Hz af te snijden, maar volgens de RIAA curve tot 50 Hz op te halen. Het geluid dat op deze wijze werd verkregen is slechts te onderscheiden van weergave met een magneto-dynamisch element door direkte vergelijking, mits de correctieversterker die hieronder is beschreven wordt toegepast. De eis wat betreft rumblevrijheid is nu echter even stringent als voor draaitafels met magneto-dynamische elementen. De verschillen die nog blijven bestaan tussen de weergave met beide elementen zal onder meer moeten worden verklaard door de slechtere armen, grotere fout-hoeken en afwezigheid van dwarsdruk-compensatie bij gebruik van een kristalelement. De correctieversterker voor kristalelementen staat afgebeeld in figuur 2. De karakteristieken van deze twee correctieversterkers staan in figuur 3 getekend.

Een kristalelement met een correctieversterker kan uitstekend worden toegepast op HiFi-installaties voor de smallere beurs. Tevens wordt een besparing verkregen in vergelijking met een goedkoop (maar toch altijd nog enige malen duurder) MD-element met een daarvoor bestemde correctieversterker (zie ook slotconklusie). Het kristalelement is soms zelfs te verkiezen, omdat op de goedkopere correctieversterkers voor MD-elementen nogal eens wat valt aan te merken.

**Het magneto-dynamische element**

Zoals reeds vermeld levert het magneto-dynamisch element nogal weinig spanning (ca. 2 à 5 mV). Hierdoor is een gevoelige versterker noodzakelijk, die een frekwentiekarakteristiek heeft, die de snijkarakteristiek van de plaat corrigeert. Deze snijkarakteristiek, de z.g. RIAA-karakteristiek, wordt toegepast om ruimte op de plaat te besparen en om de signaal/ruisverhouding te verbeteren. Figuur 4 toont de frekwentiekarakteristiek van een correctieversterker volgens de RIAA-karakteristiek. Voor een goede weergavekwaliteit moet deze frekwentiekarakteristiek zo nauwkeurig mogelijk worden gevolgd. Aan de hand van de gebruikelijke schakelingen kan duidelijk worden gemaakt, waarin zij veelal te kort schieten.

*Figuur 5. De tot op heden gebruikelijke schakeling voor magneto-dynamische elementen.*

Figuur 6. De uitgewerkte schakeling van de nieuwe korrektieversterker voor magneto-dynamische elementen.

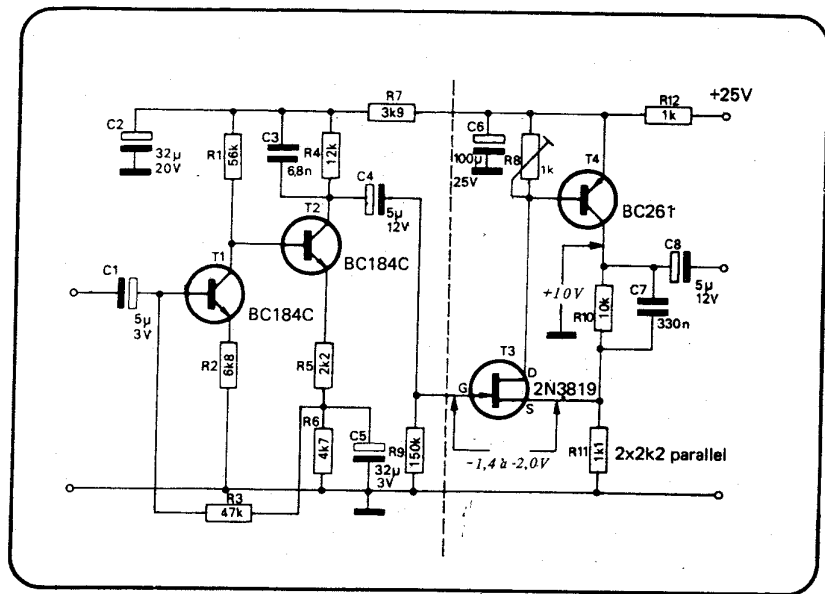
### De gebruikelijke schakelingen

Bij de gebruikelijke schakelingen voor korrektieversterkers worden twee transistoren gebruikt. De gewenste karakteristiek hoopt men dan te verkrijgen door een frekwentieafhankelijk terugkoppelnetwerk tussen de kollektor van de tweede en de emitter van de eerste trap (zie figuur 5). Veelal neemt men zelfs 1% onderdelen om de karakteristiek zo nauwkeurig mogelijk te volgen. De gehele berekening berust echter op de gevolgtrekking, dat de versterking van de twee transistoren zonder terugkoppeling voldoende hoog is om in de berekening te verwaarlozen. Dit is echter niet het geval. De emitterweerstand van de eerste trap en de sterke belasting die de tweede trap (geaarde emitter) op de eerste geeft, verminderen deze versterking zodanig, dat de verwaarlozing niet terecht is. Dit heeft tot gevolg, dat de lage frekwenties niet voldoende worden opgehaald (soms tot 6 à 10 dB). Om dit te controleren hoeft men slechts een aantal opgegeven karakteristieken (zelfs van als "HiFi" betitelde apparatuur) na te slaan. Omdat de tegenkoppeling voor lage frekwenties ook laag is, kan gemakkelijk harmonische- en intermodulatievorming ontstaan. Soms verandert men de tijdconstante in het laag, waardoor men deze laagophaal wat probeert te verbeteren. Soms ontbreekt zelfs een weerstand van het korrektienetwerk. Er treedt dan helemaal geen tegenkoppeling meer op voor lage frekwenties en de faserelaties in het pick-up signaal worden volledig verstoord.

Een andere onvolkomenheid vinden we in het hoge gebied. Door de aanwezigheid van de emitterweerstand van de eerste trap blijft de karakteristiek voor hogere frekwenties niet met 6 dB/oktaaf afvallen, maar gaat weer vlak lopen. Hoewel het van de schakeling afhangt in hoeverre dit pas boven de 20 kHz begint, kan het toch extra fouten introduceren.

### De nieuwe schakeling

Om hierin verbetering te brengen zijn enige maatregelen genomen. De versterking per transistor is teruggebracht tot maximaal 10 X. Hiervoor is het



nodig om ekstra transistors in te voeren. Ook zou het mogelijk geweest zijn om een lineair IC te gebruiken, maar gezien de nogal slechte ruiseigenschappen van IC's is hiervan afgezien. De eerste trappen zijn uitgevoerd met ruisarme transistoren (BC 184C). Het principe van deze schakeling staat afgebeeld in figuur 6. Het pick-up signaal wordt eerst lineair versterkt door het gedeelte links van de stippellijn. De gelijkstroomterugkoppeling zorgt voor stabiele instelling en de gelijkstroomterugkoppelweerstand bepaalt tevens de ingangsimpedantie. In ons geval bedroeg deze 47 kΩ, maar kan zonder meer door 68 kΩ worden vervangen als dit voor het element vereist is. Door de niet ontkoppelde emitterweerstand van T<sub>2</sub> gedraagt de kollektor van deze transistor zich als een vrijwel ideale stroombron. De impedantie, die in de kollektorleiding is opgenomen bepaalt dan de versterking, deze is hier zo gekozen dat de versterking boven 2120 Hz met 6dB/oktaaf afvalt (Bij deze tijdconstante telt ook de lekweerstand aan de gate van de FET mee). Met het hoog wordt tevens de ruis, die in de eerste twee trappen wordt gegenereerd, onderdrukt.

Achter deze schakeling wordt een hybride-schakeling van een FET en een transistor geplaatst (rechts van de stippellijn). Door toevoeging van een capaciteit in het terugkoppelcircuit worden twee kantelfrekquenties ingevoerd, die respectievelijk op 50 Hz en 500 Hz liggen. Hierdoor wordt de laag-ophaal gerealiseerd. Dank zij de voldoende hoge tegenkoppelfactor wordt de laag-ophaal niet merkbaar verminderd en kunnen de tijdconstanten hun juiste waar-

den behouden. Hierdoor blijft ook de faserelatie gehandhaafd.

Helaas zijn de FET's aan nogal hoge toleranties onderhevig, dit kan er de oorzaak van zijn, dat de instelling van de hybride-schakeling niet goed is. De gate-source spanning van de FET moet tussen de -1,4 à -2,0 V liggen voor een stroom van 1 mA door de FET. Indien deze waarde binnen de gestelde grenzen ligt kan de juiste instelling (ca + 10 V op de kollektor van T<sub>4</sub>) worden verkregen door verandering van de drainweerstand van de FET. Als de gate-source spanning buiten deze grenzen valt is het raadzaam om een ander exemplaar te gebruiken, omdat anders de schakeling ontoelaatbaar wordt gewijzigd. Een waarde van 680 Ω (in figuur 6) is voor -1,5 à -1,6 V.

In dit ontwerp zijn de verschillende tijdconstanten van de RIAA karakteristiek gesplitst. Dit is echter geen bezwaar, omdat de resulterende karakteristiek verkregen wordt door optelling van de karakteristieken der beide delen. Dit is geschetst in figuur 7. Het is zelfs een voordeel, omdat de tijdconstanten beter kunnen worden benaderd met de E-12 reeksen.

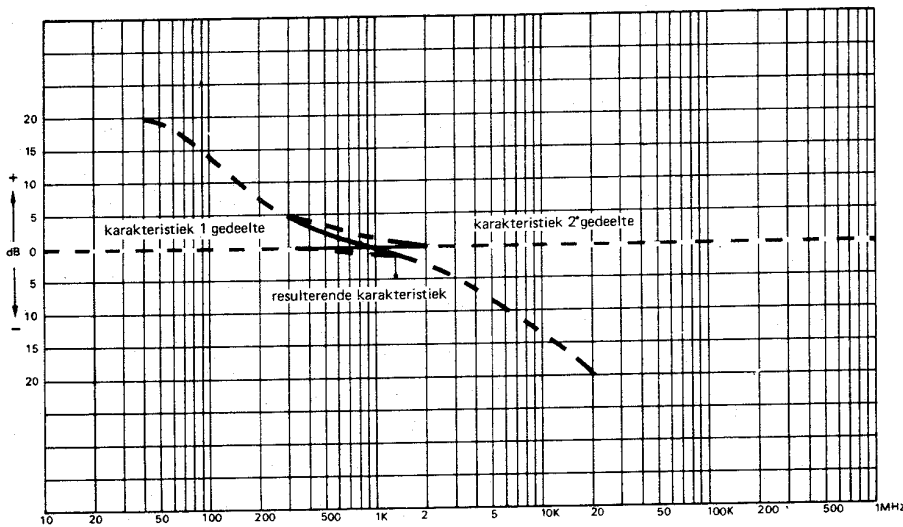
De complete schakeling voor het MD-element staat in figuur 6, waarover nog op te merken valt, dat de twee delen een aparte ontkoppeling van de voedingsspanning hebben. Dit is gedaan om het bromnivo zo laag mogelijk te houden en om parasitaire oscillatie via de voedingslijn te voorkomen. Hoewel deze schakeling duurder is dan de gebruikelijke schakelingen, lijkt het niet zinvol om voor draaitafels van ca f500,- en elementen van f100,- en meer, een luttele f15,- uit te sparen op

de korrektieversterker (nog niet de prijs van een lp), zeker niet omdat dit een duidelijk hoorbaar verschil oplevert met andere korrektieversterkers. Deze hoorbare kwaliteitsverbetering is te danken aan een verbeterde laagweergave en het realiseren van het "vlakke" middenstuk, wat erg belangrijk is voor het natuurlijk klinken van instrumenten. Veel opgegeven RIAA karakteristieken vertonen dit vlakke stuk niet of onvoldoende, waardoor de klank van een instrument onnatuurlijk wordt.

### Konklusie

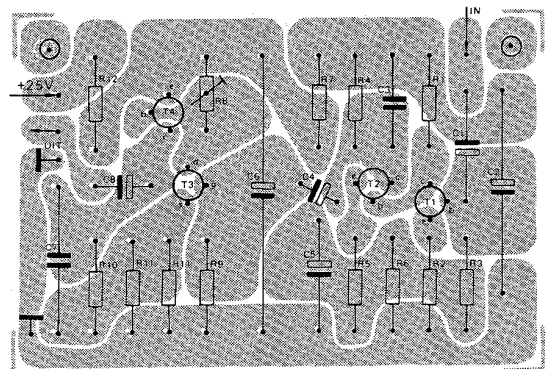
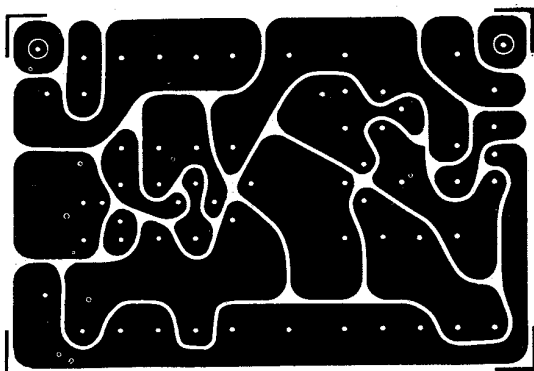
Het is mogelijk om zowel met kristal- als met magneto-dynamische elementen uitstekende resultaten te verkrijgen. In de praktijk is gebleken, dat de elektronika die erachter staat, vooral wat betreft korrekties, aan hoge eisen dient te voldoen. Veelal wordt de totale kwaliteit teniet gedaan door gebrekkige korrekties of het geheel ontbreken hiervan. De keuze tussen kristal- en magneto-dynamisch element zal behalve door de prijs ook dienen te wor-

den bepaald door de versterker en de weergevers die erachter staan. Het is ons inziens niet zinvol om middelmatige installaties met slechte MD-elementen uit te rusten. Een (veelal bijgeleverd) kristalelement is hier meer op zijn plaats. Bij een kwaliteitsvolle installatie is het echter alleszins de moeite waard het hoge bedrag voor een goed magneto-dynamisch element neer te tellen. In dat geval moeten dan m.b.v. de korrektieversterker alle mogelijkheden ter verbetering van de weergevekkwaliteit uitgebuit worden.



*Figuur 7. Door optelling van de karakteristieken van het eerste en tweede gedeelte ontstaat de karakteristiek van de gehele versterker.*

*Figuur 8. De print en de componentenopstelling van de nieuwe MD-korrektieversterker volgens het schema van figuur 6.*



#### Weerstanden:

R <sub>1</sub>	= 56 kΩ
R <sub>2</sub>	= 6,8 kΩ
R <sub>3</sub>	= 47 kΩ
R <sub>4</sub>	= 12 kΩ
R <sub>5</sub> , R <sub>11</sub>	= 2,2 kΩ
R <sub>6</sub>	= 4,7 kΩ
R <sub>7</sub>	= 3,9 kΩ
R <sub>8</sub>	= 1 kΩ, instel.
R <sub>9</sub>	= 150 kΩ
R <sub>10</sub>	= 10 kΩ
R <sub>11</sub>	= 2 x 2,2 kΩ
R <sub>12</sub>	= 1 kΩ

#### Kondensatoren:

C <sub>1</sub>	= 5 μF / 3 V
C <sub>2</sub>	= 32 μF / 20 V
C <sub>3</sub>	= 6,8 nF
C <sub>4</sub> , C <sub>8</sub>	= 5 μF / 12 V
C <sub>5</sub>	= 32 μF / 3 V
C <sub>6</sub>	= 100 μF / 25 V
C <sub>7</sub>	= 330 nF

#### Transistoren:

T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub>	= BC 184C
T <sub>3</sub>	= 2N3819 (FET)
T <sub>4</sub>	= BC 261