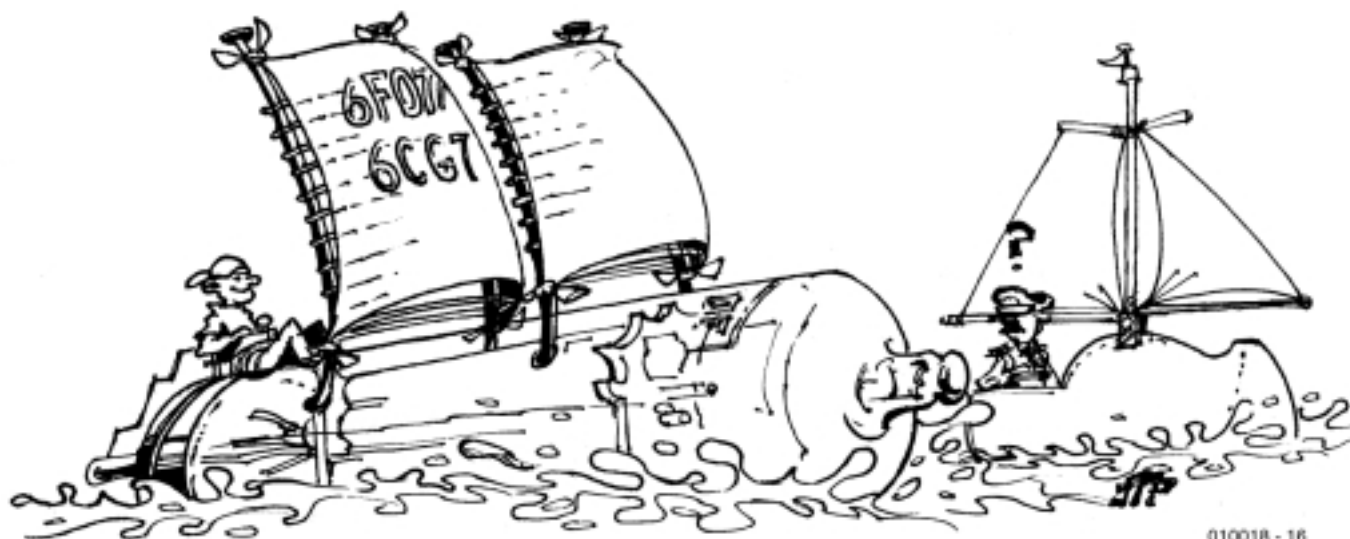


Tube-clipper

Effectapparaat met buizen

Dr. Hansjörg Friedli

De tube-clipper is een effectapparaat dat in het LF-pad van een stereo-installatie wordt opgenomen en zo het typische buizengeluid produceert. Dankzij het gebruik van laagspanningsbuizen is bij dit ontwerp geen hoogspanning nodig.



Er zijn weliswaar veel audiofielen die liefhebber zijn van de zogenaamde buizenklank, maar de meeste hebben het geld er niet voor over. Zelfbouw wordt vaak ook vermeden vanwege de gevaarlijke hoogspanning. De hier beschreven tube-clipper is een soort effect-voorversterker die voor echt buizengeluid zorgt. In dit ontwerp worden laagspanningsbuizen gebruikt, zodat geen spanningen groter dan ± 12 V nodig zijn. Dus ideaal voor het zetten van de eerste schreden op het pad van de buizentechniek. Kenmerkend voor de tube-clipper zijn de volgende features:

- Instellen van de begrenzing met slechts één potmeter voor beide stereokanalen.
- Geen koppelcondensator aan de uitgang.
- Voor iedere buis is een aparte symmetrie-instelling aanwezig.
- Geen spanning groter dan ± 12 V nodig.
- Echte 'buisen-sound'.
- Optische indicatie als het ingangssignaal daadwerkelijk begrensd wordt.

Principe

Eigenlijk is het iedere audiofreak een doorn in het oog als een audiosignaal niet één op één van de geluidsdrager naar de luidsprekers doorgegeven wordt. Wat heeft een vervormer zoals hier dan eigenlijk in de hifi-keten te zoeken? Waarom is de buizentechniek tegenwoordig weer zo sterk in opkomst? De reden hiervoor ligt in de techniek die in de studio's gebruikt wordt. Sommige CD's worden daar normaal gesproken niet al te best opgenomen en gemixt.

Hoge spanningspieken in een opname worden ten koste van een gunstige signaal/ruis-verhouding klakkeloos afgeknapt. Waarschijnlijk herinnert u zich nog de (door Elektuur gestarte) discussie over overstuurde CD's, de oorzaak en de gevolgen daarvan.

De gedachte achter de zogenaamde tube-clipper (Nederlands: buizenbegrenzer) is een laagfrequent audiosignaal op een instelbare maximale waarde te begrenzen. Zoals bekend doen buizen dit op uiterst verfijnde wijze. Hoge spanningen worden niet 'hard' afgeknapt, zoals dat bij transistoren wel gebeurt als deze overstuurd raken. Een buis zal al in de aanloop naar de grenswaarde beginnen met aftoppen. Zo wordt een netjes afgeronde curve verkregen.

Als we een dergelijk signaal onder de loep nemen, zien we in het spectrum interessant genoeg alleen harmonischen met een even veelvoud van de grondfrequentie. Musici zullen het al begrijpen: als geluiden met zulke harmonischen met elkaar worden gemixt, levert dit geen dissonanten op. Dit in tegenstelling tot het mixen van willekeurige harmonischen, zoals die ontstaan bij het clippen van halfgeleiders. Deze beïnvloeden de klankkleur juist zeer negatief. De tube-clipper verandert dus het geluid van een CD, maar wel op een manier die voor het gehoor geen onaangename vervormingen oplevert. In tegendeel. Door de toegevoegde even harmonischen wordt de klank in zekere zin voller en het origineel zeer dicht benaderd. Vraag maar eens aan een gitarist waarom hij bij een buizenversterker zweet! Het oversturen helpt hier actief mee de klank van de elektrische gitaar te verbeteren.

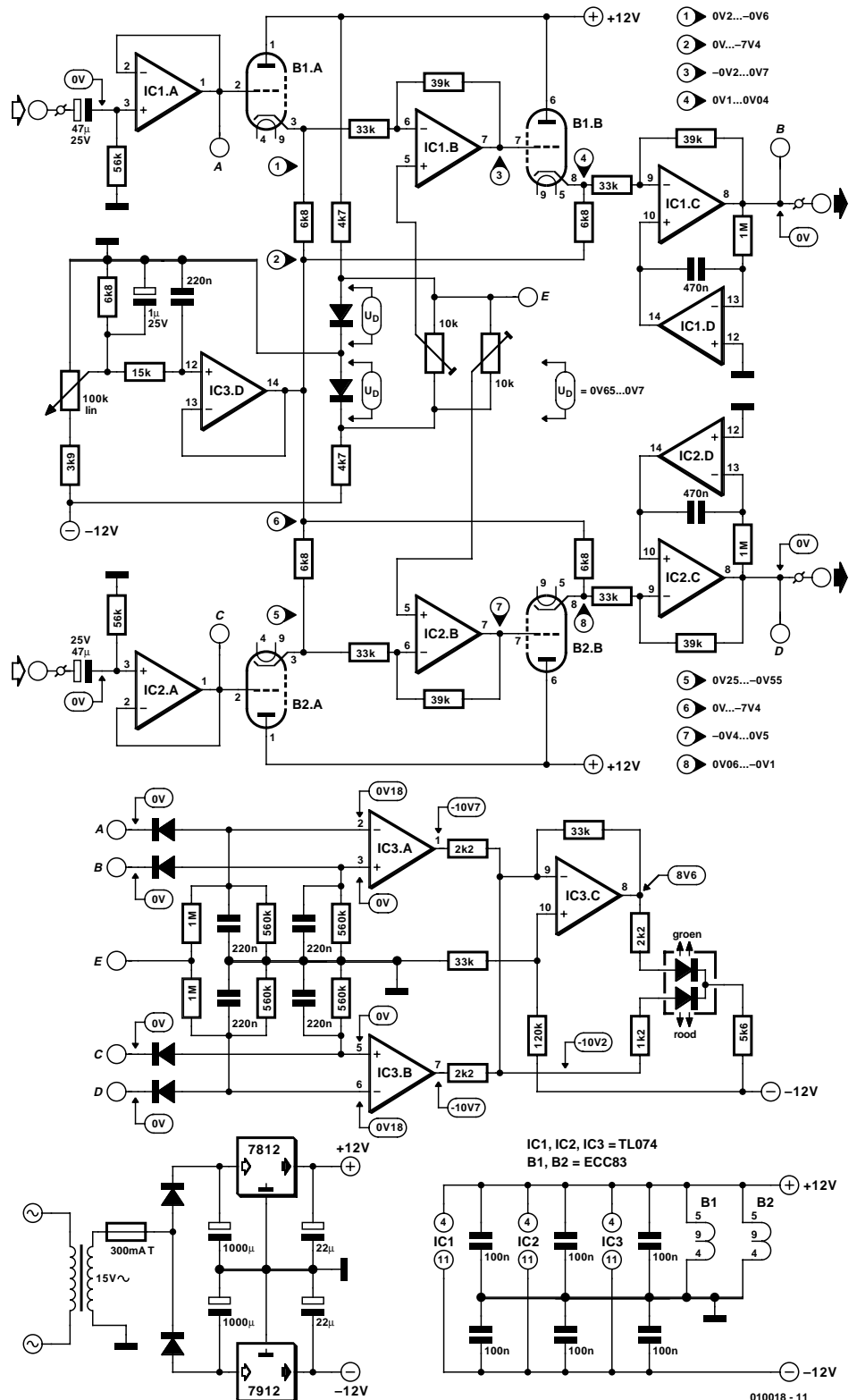
De hier beschreven schakeling kan ook zonder meer opgenomen worden in meerkanaals installaties. De tube-clipper komt pas in actie als het originele geluid zelf al ongewenste begrenzing vertoont.

De schakeling opgedeeld

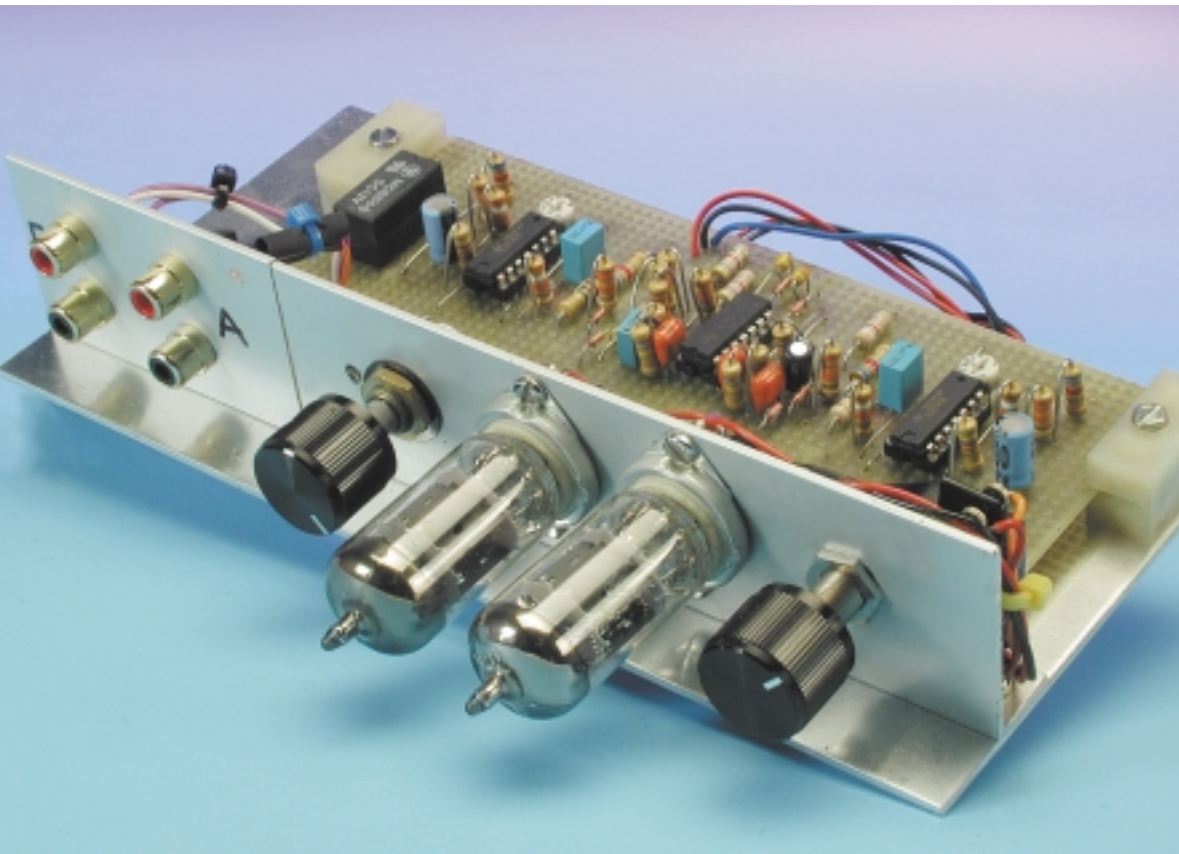
De schakeling in **figuur 1** toont de onderdelen van de tube-clipper. Het hart van beide stereo-kanalen wordt gevormd door een dubbeltriode ECC38 en een quad-opamp TL074. Voor het sturen van de roosterspan-

ning en de LED-aanduiding wordt nog een tweede TL074 gebruikt. Het LF-signaal komt eerst bij IC1a aan die voor een impedantie-aanpassing zorgt. Het gebufferde uitgangssig-

naal wordt aan het rooster van de eerste triode B1a aangeboden. De triode is als kathodevolger geschakeld, de anode wordt zonder weerstand direct op de +12 V voedings-



Figuur 1. De schakeling van de tube-clipper met laagspanningsbuizen.



Figuur 2. Een voorbeeld van een mogelijke constructie.

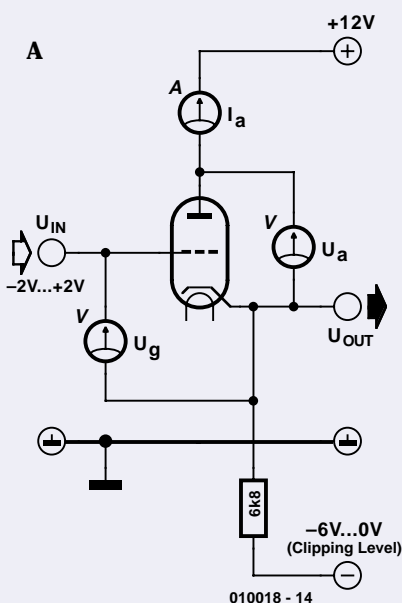
weerstand van $6k8$ staat nu een spanning met dezelfde fase als de ingangsspanning. Het deel van de schakeling met de potmeter en IC3d vormt een gebufferde spanningsbron

die de gelijkspanning van de kathode ten opzichte van het rooster in negatieve richting verschuift, tot dat de triode in meer of mindere

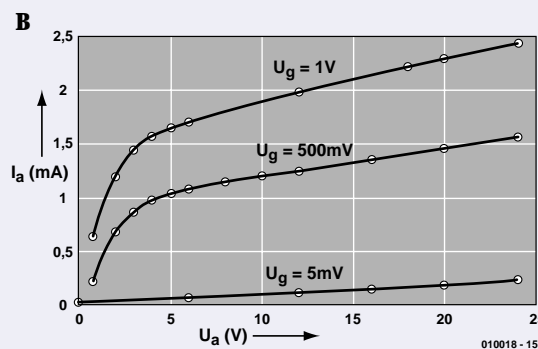
zo grote spanning op aan de uitgang van de integrator, maar dan met de tegengestelde waarde. Deze spanning wordt via de niet-inverterende

mate overstuurt. De eerste triode begrenst alleen positieve spanningsspieken. Door IC1b wordt het signaal geïnverteerd en aan de tweede triode aangeboden, die op een zelfde manier de negatieve spanningen van het ingangssignaal begrenst. De weerstandsverhouding van $39k\Omega$ en $33k\Omega$ levert een bescheiden versterking op. Hiermee worden verliezen gecompenseerd, zodat het uitgangssignaal ongeveer hetzelfde niveau heeft als het ingangssignaal. IC1c zorgt voor een laagohmige en tevens licht versterkte uitgangsspanning voor de volgende trap (bijvoorbeeld een eindversterker) en samen met IC1d voor een gelijkspanningsvrije uitgang. IC1d is als integrator geschakeld. Een gelijkspanningsoffset op de uitgang levert een net

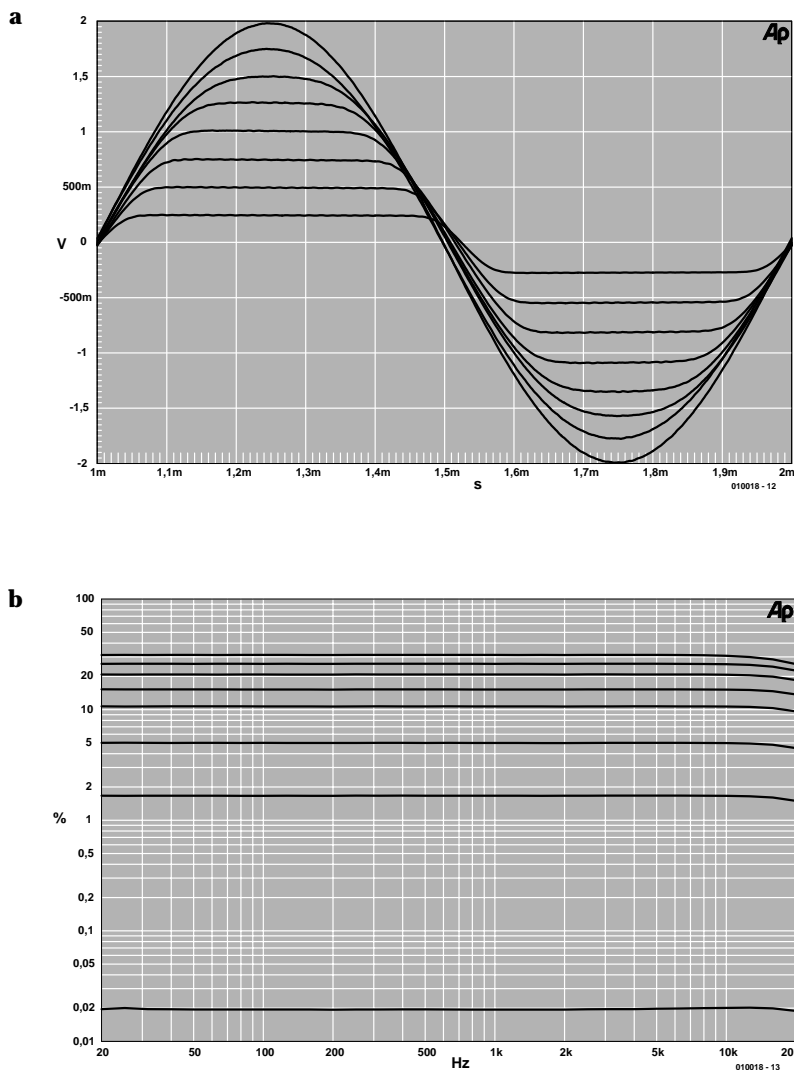
Buizenkarakteristiek



Op eenvoudige wijze kan men beter vertrouwd raken met trioden. Sluit een triode aan op drie multimeters en twee spanningsbronnen zoals in figuur A gedaan is. Als nu bij constante anodespanning de anodestroom als functie van de roosterspanning wordt gemeten, dan levert dat de grafieken in figuur B op (clipping-niveau bij 0 V). De drie bij verschillende roosterspanning gemeten waarden tonen de typische vorm van een buiskarakteristiek: Bij toenemende anodespanning stijgt de anodestroom in het begin lineair en buigt vervolgens – in tegenstelling tot bij transistoren – langzaam om uiteindelijk nagenoeg horizontaal te gaan lopen. Hier bereikt de anodestroom zijn maximale waarde. Wordt er nu voor



gezorgd dat alle waarden van de roosterspanning voor een LF-sigitaal in het lineaire bereik blijven, dan wordt het signaal niet vervormd. Wordt het geheel verschoven naar hogere waarden, dan zal op een gegeven moment de anodestroom in verzadiging raken. In de hier beschreven schakeling loopt deze anodestroom ook door de kathodeweerstand; de spanning hierover is dus evenredig met de anodestroom.



Figuur 3. Uitgangssignaal bij verschillende clipping-niveaus (a) met bijbehorende vervormingswaarden (b).

ingang van IC1d bij het signaal opgeteld en werkt op deze manier een offset tegen. Hierdoor blijft de gemiddelde spanning op de uitgang nul, waardoor een grote uitgangselco achterwege kan blijven. Als de signaalbron gegarandeerd gelijkspanningsvrij is, dan kan de tube-clipper zelfs helemaal van koppelcondensatoren verschoond blijven. Het tweede kanaal met B2a en IC2 is identiek van opbouw.

Met één potmeter voor beide kanalen is rond opamp IC3d is een laagohmige spanningsbron opgebouwd voor de kathoden. Met de twee instelpotmeters wordt het uitgangssignaal symmetrisch ingesteld, zodat spreiding in de waarden van de gebruikte componenten gecompenseerd wordt.

Hierdoor is het ook mogelijk om zonder problemen een ECC81 te gebruiken. Op de punten A...D zijn de ingangs- en uitgangsspanningen van beide kanalen aanwezig. Met deze spanningen kan een indicatie aangestuurd worden, bijvoorbeeld zoals hier met de opamps IC3a... c en een tweekleuren-LED.

De LED licht groen op als het stereosignaal niet begrensd wordt, geel als één kanaal begrensd wordt en rood als beide buizen begrenzen. De in- en uitgangssignalen van beide kanalen worden door dioden gelijkgericht en met condensatoren afgevlakt. De piekspanning wordt een korte tijd onthouden en vloeit slechts langzaam weg. IC3a/b zijn compara-

tors waarvan de uitgangen positief of negatief worden, al naar gelang de ingangsspanning op dat moment groter is dan de uitgangsspanning of niet (geen begrenzing). De uitgangen van de twee comparators zijn met weerstanden samengevoegd en sturen het rode gedeelte van de LED. Tegelijkertijd zijn zij ook aangesloten op inverter IC3c die op zijn beurt de groene LED aanstuurt. Op deze manier gedraagt de LED zich als volgt: Als er niet begrensd wordt, licht alleen de groene LED op. Als slechts één kanaal begrensd wordt, licht ook de rode LED op. Dit levert dan de geel/oranje mengkleur op. Als beide kanalen begrensd zijn, dooft de groene LED, zodat alleen rood licht overblijft. Een kleine positieve spanning op punt E zorgt ervoor dat ook bij zeer kleine LF-spanningen de groene LED blijft branden. Dat ziet er wat netter uit. Natuurlijk zijn er ook andere mogelijkheden denkbaar om een piekindicator te implementeren, maar dat laten we over aan de creativiteit van de gebruiker.

De schakeling van de tube-clipper wordt met een eenvoudige symmetrische netvoeding met vaste spanningsregelaars (± 12 V) van spanning voorzien. De spanning voor de gloeidraden van de buizen wordt eveneens van de +12-V-voedingsspanning betrokken. De ECC83 (net als de ECC81 en ECC88) heeft geen wisselspanning nodig. Belangrijk is echter wel dat de pluspool op pootje 5 wordt aangesloten.

Er is geen print ontworpen voor de tube-clipper, omdat de buizen toch slechts met ongevaarlijke laagspanning bedreven worden. Ook hebben we maar met een klein aantal componenten te maken. **Figuur 2** toont een foto van een prototype dat op gaatjesprint is opgebouwd.

Na opbouw en controle van de soldeerverbindingen kan de tube-clipper ingeschakeld worden en kunnen de in de schakeling aangegeven spanningen en toleranties gecontroleerd worden. Vervolgens dient een sinusvormig ingangssignaal aangeboden te worden waarmee ieder kanaal afzonderlijk met de instelpotmeters symmetrisch wordt ingesteld. Hierna is het apparaat klaar om gebruikt te worden.

Figuur 3a geeft het effect van de tube-clipper grafisch weer. De niveau-potmeter is hier in acht stappen van minimaal (niet-geclippte grafiek) tot maximaal verdraaid. **Figuur 3b** tenslotte laat de bijbehorende vervormingscurves zien. Bij een nagenoeg onbegrensd signaal is de vervorming met ongeveer 0,02% het kleinst en zoals te verwachten viel, bij het signaal met de hoogste clipping-waarde het grootst.

(010018)