

ZELF VOEDINGEN ONTWERPEN EN BOUWEN

H. J. C. OTTEN

VOEDINGSPROBLEMEN BIJ AUDIO-APPARATUUR

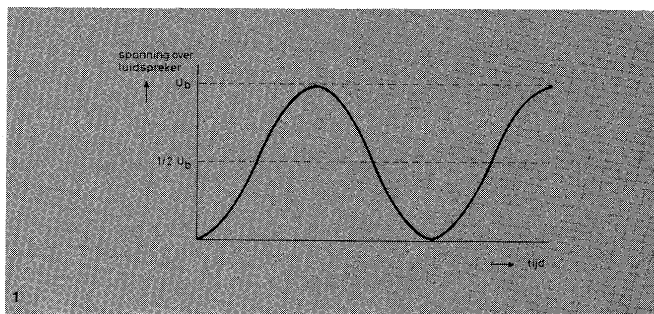
Na moeizaam alle onderdelen volgens het schema aan elkaar gesoldeerd te hebben, was de versterker klaar. O ja, er moet nog een voeding aangesloten worden, bij het schema staat daarvoor gelukkig een eenvoudig schema. Nu nog de luidsprekers aansluiten en de pick-up en het grote moment is daar: zal ie 't doen? En ja hoor, de zelfgebouwde versterker doet het. Maar bij beter luisteren is een gemene brom hoorbaar en een raar gepruttel en soms lijkt het net of er een motorboot de kamer invaart. Als de plaat afgelopen is, hoeft er geen nieuwe plaat opgezet te worden want Hilversum 3 komt zuiver door. Na verloop van tijd verdwijnt de zelfbouw op de rommelhoop en wordt teleurgesteld afgezien van verdere zelfbouwprojecten. Er is duidelijk wat misgegaan, maar wat?

langrijk dat geen enkele ongerechtigheid via de voeding in het eindresultaat, het geluid, terechtkomt. De meest voorkomende ongerechtigheden zijn in de inleiding al geïntroduceerd: brom, laag- en hoogfrequent oscilleren, ongewenste radio-ontvangst en schakelklikken. De meeste van deze kwalen zijn terug te voeren op een slechte voeding of een onjuiste wijze van aansluiten van de voeding. Op deze problemen gaan we nu wat dieper in. Allereerst wordt de juiste keuze van voeding behandeld, daarna gaan we dieper op de storingen in aan de hand van de oorzaken:

- spanningsval over de weerstand van de aardleidingen

Welke problemen treden er op?

Als we een voeding op audio-apparaat gaan aansluiten stuiten we op een aantal problemen. Het eerste probleem is aan welke eisen de voeding moet voldoen, het tweede probleem hoe we de bedrading van de voeding moeten uitvoeren. De eisen waar een voeding voor audio-apparaat aan moet voldoen zijn niet alleen de algemene eisen aan voedingen maar ook een paar specifieke voor audio-apparaat. Bij audio-apparaat is het be-



(vervolg van pag. 15)

Tenslotte het aanpassen van de voorversterkeringang aan het element. De ingangswaerstand van $47k\Omega$ zal doorgaans goed zijn maar voor de juiste ingangscapaciteit zal enig experimenteren nodig zijn. Uitgaande van ca. $20pF$ ingangscapaciteit van deze schakeling, ca. $30 \dots 100pF$ voor niet afgeschermde armbedrading (Thorens

mk2) en $50 \dots 200pF$ voor wel afgeschermde armbedrading dient u de grootste capaciteit parallel aan R1 te monteren die geen hoorbare consequenties voor hoog- en pulswaergave heeft. Een te kleine ingangscapaciteit is al snel te herkennen aan het 'ruisen' van bekkens en brushes en de onduidelijke definitie van bv. houten slaginstrumenten. Piano en trompet kunnen er te hard door worden.

Als alles op de juiste wijze en plaats is gemonteerd moet het geheel naar behoren werken; de schakeling biedt een laag ruisniveau (vooral in de hoge ruisfrequenties), een goede overall-karakteristiek en een excellente pulswaergave. In combinatie met een goede platenspeler/element en verdere installatie is de investering van 5 à 6 tientjes dan ook zeker op zijn plaats.



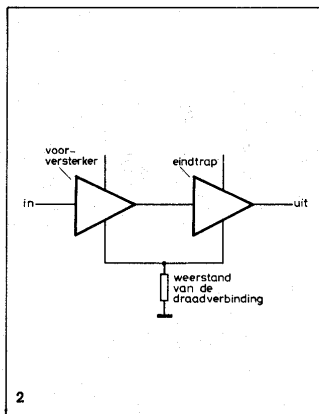
- afb. 1 Uitsturingruimte bij een audio-versterker. U_b is de voedingsspanning.
- afb. 2 Waar de spanningsval over de weerstand van de draadverbinding werkzaam is als storingsbron.
- afb. 3 De juiste wijze van het leggen van aard- en voedingslijnen.

- ongewenste koppeling tussen in- en uitgang
- capacitief en elektromagnetisch oppikken van storing
- inductief oppikken van storing.

Juiste keuze van de voeding

Een voorversterker stelt andere eisen aan de voeding dan een eindversterker. Een eindversterker vraagt een hoge stroomsterkte, een voorversterker eist voornamelijk een voedingsspanning die vrij van rimpelspanning is. Als we voor- en eindversterker uit dezelfde voeding van stroom gaan voorzien komen we dan ook in moeilijkheden. Daarom wordt in het algemeen de volgende werkwijze gevolgd. De eindversterker ontvangt de voedingsspanning rechtstreeks van de buffercondensator, de voorversterker(s) worden voorzien van spanningsstabilisatoren. Dit heeft tot voordeel dat voedingsspanningsvariaties die optreden door de zware belasting van de eindversterker niet kunnen doordringen tot de voorversterker. Echter, er ontstaat dan via de voedingslijnen een koppeling tussen voor- en eindversterker die aanleiding kan geven tot oscilleren (het motorbootgeluid). Bij stereoversterkers kunnen de voedingslijnen door dezelfde oorzaak aanleiding geven tot overspraak; via de voedingslijnen wordt het geluid van het ene kanaal naar het andere kanaal overgebracht. Bij stereoversterkers moeten de voedingslijnen per kanaal gescheiden worden gehouden en van aparte stabilisatie worden voorzien.

Hoe zwaar de stabilisatie moet worden is afhankelijk van de gevoeligheid van de schakeling voor voedingsspanningsvariaties, in het algemeen zijn schakelingen met een hoge versterking of schakelingen die met een kleine signaalsterkte werken het gevoe-



2

De maximale piekwaarde van de sinus aan de uitgang is dus de voedingsspanning. Aan een luidspreker met een impedantie van $R \Omega$ kan zo een vermogen worden afgegeven van:

$$W = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R}$$

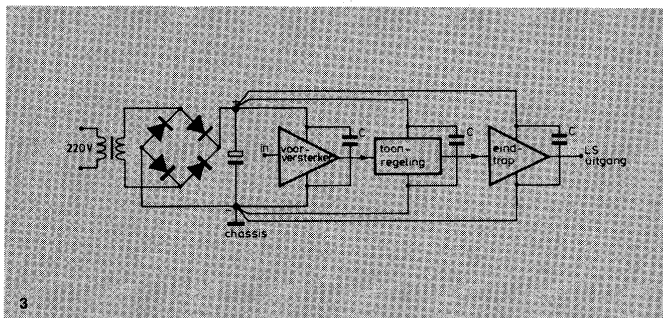
waarin U_{eff} de effectieve waarde van de sinusspanning is.

De piek-piekwaarde van de sinus is de voedingsspanning U_b , de effectieve waarde is:

$$U_{\text{eff}} = 1/2 \times 1/2 \sqrt{2} \times U_b$$

Invullen levert:

$$\text{Uitgangsvermogen } W = \frac{U_b^2}{8R}$$



3

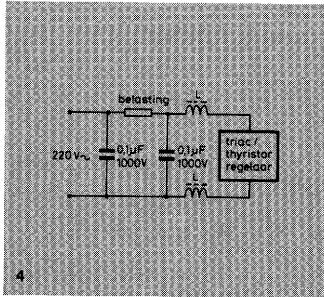
ligst voor ongerechtigden in de voedingsspanning. Eindversterkers gebruiken een flink vermogen en de transformator moet dit vermogen te allen tijde kunnen leveren.

Om te berekenen hoe groot dit vermogen moet zijn, is in afb. 1 getekend wat de uitsturinggrenzen van een eindversterker zijn. In het algemeen wordt de uitgang ingesteld op de halve voedingsspanning zodat, als we een sinus erin sturen, die precies tussen nul en voeding past bij volledige uitsturing.

Voor een gekozen maximaal uitgangsvermogen W moet de voedingsspanning bedragen:

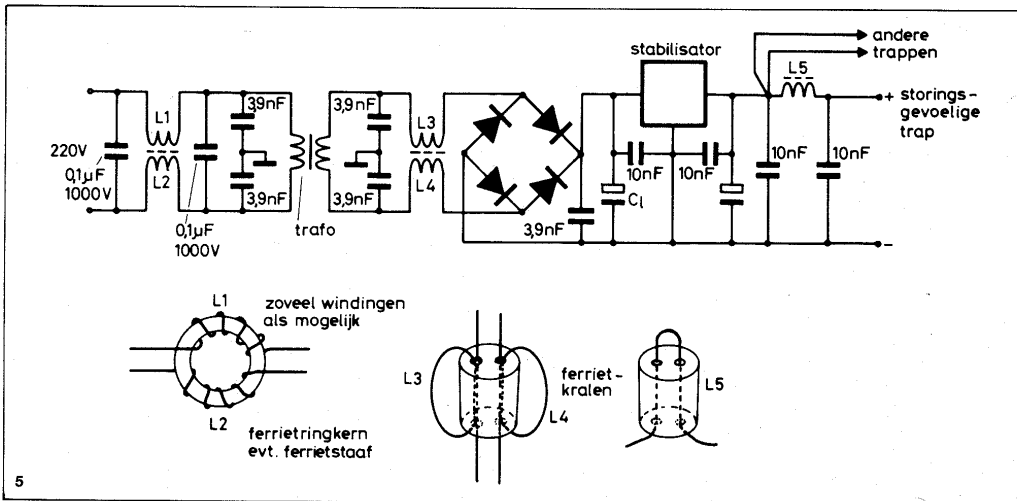
$$U_b = 2 \sqrt{2WR}$$

De voedingsspanning moet op deze waarde blijven bij volledige belasting, dit betekent dat de voeding een spanning U_b moet leveren bij een vermogensafgifte ter grootte van W . Daarbij moet nog de eventuele ruststroom en voorversterker stroomopname opge-



4

afb. 4 Ontstoring van TRIAC- en thyristorregelingen.
afb. 5 Een uitgebreid netfilter.
afb. 6 Enige veel gebruikte ferriespoelen en kernen.



5

teld worden, meestal is dit verwaarloosbaar klein. De transformator moet dit vermogen leveren, afhankelijk van de wijze van gelijkrichten moet de transformator berekend zijn op een vermogen van 1,5 W (bruggelijkrichting) of 2 W (dubbelfasig). Als de transformator te klein wordt gekozen, haalt de versterker het gewenste vermogen niet omdat de voedingsspanning in elkaar zakt op het moment dat deze juist volledig nodig is. De uitgangsspanning loopt dan vast tegen de voedingsspanning, wat aanleiding geeft tot een enorme vervorming.

Spanningsval over de weerstand van de aardleidingen

Elke koperdraad heeft een weerstand, hoe dikker de draad is, des te lager wordt de weerstand. Aardleidingen worden dan ook zo zwaar mogelijk gemaakt, want, als er een flinke stroom door de draad loopt, krijgen we door de

draadweerstand spanningsverschillen tussen aardpunten en deze spanningsverschillen variëren met de stroomopname. In afb. 2 is gepoogd dit in beeld te brengen, een voor- en eindversterker zijn beide geaard via een draadverbinding die een weerstand heeft die niet te verwaarlozen spanningsverschillen oplevert door de stroom van de eindversterker. De voorversterker is zo niet goed geaard, bij de ingangsspanning wordt de spanningsval over de draadweerstand opgeteld. Dit kan aanleiding geven tot oscilleren als de eindversterker het signaal van de voorversterker moet verwerken.

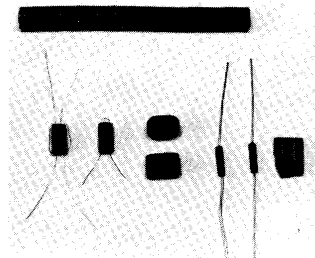
Als de voorversterker bijvoorbeeld het linkerkanaal verwerkt en de eindversterker het rechterkanaal krijgen we door de gemeenschappelijke aarding een slechte kanaalscheiding.

De remedie is in afb. 3 te zien, elk onderdeel van de audio-apparatuur krijgt zijn eigen aardlijn, het verzamelpunt wordt zo dicht mogelijk bij de bu-

fercondensator gekozen. Het chassis wordt ook op dit punt geaard, de beste plaats om het chassis te aarden is meestal bij de meest gevoelige ingang (MD pick-up ingang), alhoewel enig experimenteren met de plaats van de chassis aansluiting soms een nog beter resultaat oplevert.

In afb. 3 is te zien dat ook de voedingslijnen gescheiden aan de deelschakelingen worden toegevoerd, ook vanwege de draadweerstand. Ter plaatse van de deelschakeling wordt de voedingslijn ontkoppeld met een condensator C, hoogfrequent oscilleren via de voedingslijnen wordt hiermee onderdrukt. Goede condensatoren hiervoor zijn tantaalco's of een parallelcombinatie van elco en keramische condensator.

Draadweerstand kunnen op nog een andere wijze storend werken, de oorzaak hiervan ligt niet zo voor de hand. Transformatoren hebben, behalve de gewenste inductieve overdracht, ook



nog een capacitieve overdracht via parasitaire capaciteiten, tussen primaire en secundaire wikkelingen. Deze lekstroom, een wisselspanning met de netfrequentie, gaat door de aardleidingen circuleren en kan bij een onjuiste aansluiting tussen twee apparaten, die beiden aan de netaarde verbonden zijn met een leiding die een niet verwaarloosbare draadweerstand heeft en via een signaallijn met afscherming zijn verbonden weer voor een ongewenste toevoeging van de spanning over de draadweerstand (50 Hz) aan het signaal zorgen. Transformatoren met een lage capacitieve koppeling zijn dan aan te raden als de aarding om veiligheidsredenen niet mag worden verbroken. Conclusie: maak aard- en voedingslijnen zo dik mogelijk en houdt ze gescheiden.

Ongewenste koppeling tussen in- en uitgang

Ongewenste koppeling tussen in- en uitgang is meestal het gevolg van parasitaire overspraak. Houd daarom in- en uitgangen zoveel mogelijk gescheiden of als dat niet mogelijk is, plaats tussen in- en uitgangsleidingen een scherm. Bij printontwerpen kan men dit doen door de ingang te omgeven met een geaarde kring. Ongewenste koppeling uit zich meestal door hoogfrequent oscilleren en afname van de bandbreedte. Omdat dit geen voedingsprobleem is, verwijzen we verder naar de literatuur.

Capacitief en elektro-magnetisch oppikken van storing

Tussen twee geleiders bestaat altijd een capaciteit, waarbij de grootte afhankelijk is van de afstand tussen de twee geleiders en de grootte van de oppervlakken van de twee geleiders. Als de ene geleider een signaal over-

draagt, zal door de (parasitaire) capaciteit dit signaal worden overgedragen. Het bekendste voorbeeld hiervan is de brom die we te horen krijgen als we onze hand bij een open MD pick-up ingang houden. De netspanningsleidingen in de muren dragen het 50 Hz signaal via capacitieve overdracht over op het menselijk lichaam en via de hand naar de ingang, waardoor de versterker gaat brommen. De kleine parasitaire capaciteiten kunnen de brom beter overbrengen naarmate de ingang hoogohmiger is. De parasitaire capaciteiten zijn te vermijden als we tussen de twee geleiders een geaarde metalen plaat zetten. Dit is de reden dat we alle gevoelige signalleidingen voorzien van een geaarde afscherming en het liefst de gehele schakeling in een metalen kast plaatsen. Dit heeft nog een reden. Een tweede mogelijkheid van signaaloverdracht is via elektromagnetische straling (radio), elk stuk draad fungeert als antenne voor de veelheid van elektromagnetische straling die tegenwoordig wordt uitgezonden in de vorm van gerichte, gemoduleerde straling van zenders of van andere EM-bronnen zoals motoren, auto's en dergelijke vonkzenders. De hierdoor ontstane hf-storing kan door een behoorlijke afscherming (kooi van Faraday) aanzienlijk worden vermindert.

Ondanks een behoorlijke afscherming door een geaarde metalen kast of afscherming met aluminium folie (en het is niet gemakkelijk een behuizing effectief dicht te krijgen voor hf-instraling) zijn we nog niet uit de problemen. Ieder apparaat kent vele in- en uitgangen en een netvoedingsaansluiting. Elke aansluiting kan hf-storing oppikken en via geleiding in de kast brengen waardoor elke afscherming zo lek als een mandje wordt. De remedie is duidelijk, de hf-storing moet zoveel moge-

lijk worden verzwakt voordat de leiding in de kast komt. We zullen achtereenvolgend de ontstroommogelijkheden bespreken bij de in- en uitvoerleidingen. We dwalen daarbij wel wat af van het onderwerp: voedingsproblemen, maar de kwaal, de hf-instraling, heeft dezelfde symptomen, terwijl de oorzaak heel verschillend kan zijn. Alleen de ontstoring van de voeding is vaak niet afdoende, zodat het totaal wordt besproken.

Netvoeding

Het lichtnet kan worden verontreinigd door een veelheid van hoogfrequente signalen, afkomstig van vele bronnen, zoals boormachines en andere elektromotoren, schakelaars, wasmachines (schakelklikken) maar ook door de zendinstallatie van uw buurman. De laatste jaren is daar nog een stoorbron bijgekomen: lichtdimmers met TRIAC's of thyristoren. Bij ontstoren kunnen we het beste bij de bron beginnen, storende schakelaars kunnen we soms tot zwijgen brengen door een condensator over de schakelcontacten te zetten. Ook lichtdimmers moeten worden ontstoord, de werkwijze hierbij is te zien in afb. 4. De daarin gebruikte spoel is hiervoor speciaal in de handel verkrijgbaar (ringkernspoelen, let op de toegestane belasting). Mocht ontstoren bij de bron niet lukken, dan kunnen we het te ontstoren apparaat voorzien van een netfilter. Een uitgewerkt voorbeeld daarvan is in afb. 5 te zien, de daarin gebruikte spoelen zijn zelf te maken. Ook in de handel zijn kant en klare netfilters te verkrijgen (Schaffner, en andere merken).

(wordt vervolgd)