

W. Lefebvre

Enkele belangrijke aspecten bij het ontwerpen van audioversterkers

Het gebeurt maar al te vaak, dat een op zichzelf uitstekend versterkerontwerp volledig wordt verknoeid door slechte plaatsing van de componenten, parasitaire terugkoppeling, aardlussen, HF-doorstraling enz. Daarom is het nuttig, enkele aspecten in de versterkerbouw nader toe te lichten.

I. Parasitaire terugkoppeling

Vooral bij versterkers met ingebouwde voorversterker gebeurt het vaak, dat parasitaire terugkoppeling aanleiding geeft tot vervorming en instabiliteit (vanwege de hoge totale inwendige versterking). Men onderscheidt drie soorten parasitaire terugkoppeling nl. capacitieve-, inductieve- en weerstand-terugkoppeling.

a) Capacitieve terugkoppeling

Twee geleiders die naast elkaar liggen, vertonen een zekere capaciteit. Deze is des te groter naarmate de doorsnede van de geleider groter is en naarmate ze dichter bij elkaar liggen.

Het is daarom noodzakelijk ingang- en uitgangcomponenten en bedrading zover mogelijk van elkaar te verwijderen.

Indien dit omwille van plaatsgebrek niet mogelijk is, dan kan men tussen ingang- en uitgangcomponenten een gearde metalen afscherming aanbrengen.

b) Inductieve terugkoppeling

Twee naast elkaar gelegen geleiders vertonen een mutuele inductantie. Daardoor fungeren ze als transformator. Een stroom in de ene geleider, induceert automatisch een stroom in de andere geleider. De luidsprekerbedrading, die een hoge stroom voert, zal daarom niet naast de ingangsdraaden mogen lopen.

c) Weerstand koppeling

Teneinde weerstand koppeling te vermijden zal men de componenten niet mogen monteren op materialen met slechte isolatoreigenschappen, zoals hout. Ingeval van gebruik van een printplaat of van plaatjes met soldeerlippen is het niet aan te raden deze zonder afstandbusjes tegen hout te monteren.

II. Stoorvelden

Als opwekker van een elektromagnetisch stoorveld komt vooral de transformator in aanmerking. Het is aangeraden de transformator en het voedingsgedeelte gescheiden van de versterkerschakeling te monteren met een gearde metalen tussenschot als scherm en zodanig, dat de asrichting van

Fig. 1. Opstelling van de voedingstransformator om stoorvelden in het versterkerdeel minimaal te houden.

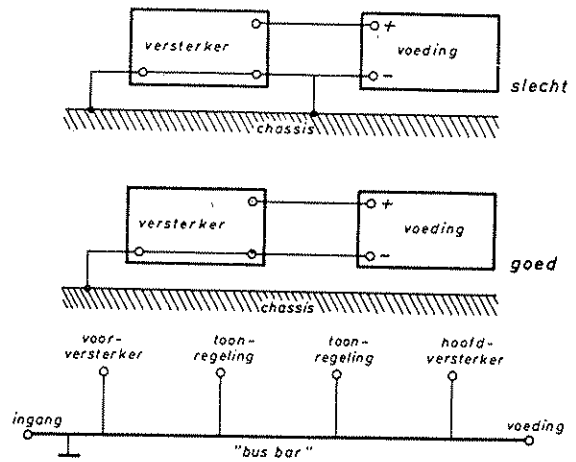
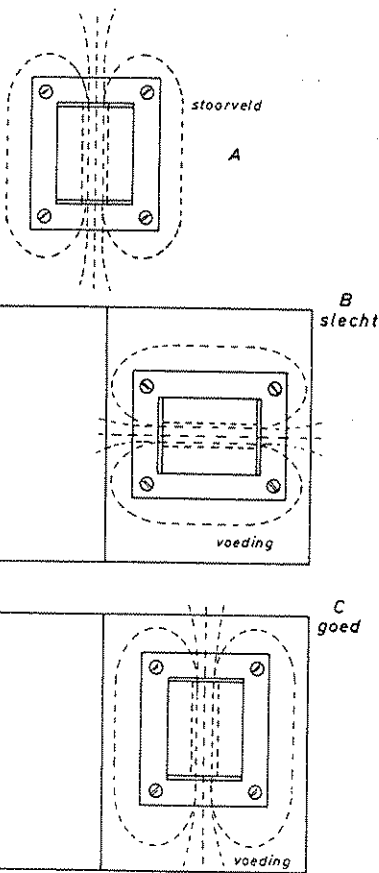


Fig. 2. Bij „bus-bar” aarding zijn de delen, die de grootste stromen voeren, het verst van het aardpunt verwijderd.

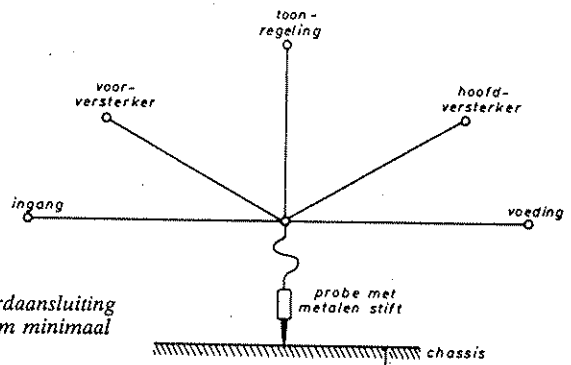


Fig. 3. Bepalen van de aardaansluiting op het chassis waar de brom minimaal is.

voorlichting

de spoel parallel ligt aan de versterkerprinten (zie fig. 1 c).

Bij uitvoering van gescheiden voor- en vermogen-versterker, doet men er goed aan de voeding onder te brengen in het vermogenversterkerdeel en de voorversterkervoeding hieruit te betrekken. Toroidale transformatoren hebben een geringe hoogte en een klein stoorveld.

III. Aardstromen

Er bestaat een gemeenschappelijke verbinding tussen alle versterkertrappen (de aarding), maar de ene kant voert tot één duizendste maal minder stroom dan de andere kant, vandaar dat deze twee stromen niet mogen worden gemengd om invloed van de uitgangsstroom op de ingang te voorkomen.

Nu zijn er twee manieren om dit te vermijden nl. de zogenaamde „bus bar” aarding en de „spider” aarding.

a) „Bus bar” aarding

In dit geval bestaat de aardgeleider meestal uit een dikke blanke geleider, die langs de verschillende trappen loopt en die met het chassis en de aarding is verbonden bij de meest gevoelige ingang (meestal de MD-ingang).

Het is zo, dat de delen die de grootste stromen voeren (vermogenversterker, voeding) het verst van het aardpunt zijn verwijderd (fig. 2).

b) „Spider” aarding

In dit geval heeft elk onderdeel zijn eigen aardlijn die rechtstreeks is verbonden met het chassisaardpunt. De beste aardingsplaats kan worden gezocht door alle aardleidingen samen te brengen op draad met

metalen stift en dan op het chassis de plaats te zoeken waar brom minimaal is. Fig. 3 geeft een voorstelling van dit soort aarding.

IV. Hoogfrequent doorstraling

De laatste jaren hoort men meer en meer klachten betreffende hoogfrequent doorstraling. Deze is afkomstig van sterke (lokale) zenders of van allerlei elektrische apparatuur (koelkasten, lichtschakelaars, (punt)lasapparatuur enz.).

Daar HiFi-versterkers een breed frequentiespectrum bestrijken (specificaties tot 1 MHz komen voor) worden deze signalen, als ze de versterker binnendringen, meeversterkt en werken aldus zeer hinderlijk (radio ontvangst via een versterker, zonder dat een tuner is aangesloten, storende geluiden en iets wat niet zo direkt aantastbaar is, vernietiging van halfgeleiders door sterke storingspieken - meestal via het net). De vraag die zich onmiddellijk stelt is: Hoe is radio ontvangst mogelijk via een normale (voor audiodoeleinden voorziene) versterker!

Het antwoord op deze vraag ligt grotendeels opgesloten in fig. 5.

De toevoerdraden naar de basis van de transistor vervullen de rol van antenne en als de signalen groot genoeg zijn om de transistor in het niet lineaire gedeelte van zijn karakteristieken te brengen, treedt detectie op, waardoor het audiosignaal wordt versterkt in deze en al de volgende trappen van de versterker. Nu is het echter zo, dat niet alleen de transistor in de hierboven vermelde configuratie detectie en versterking van HF-signalen kan veroorzaken, maar elke niet-lineaire component zij het buis, IC, transistor, FET of zelfs een slechte las (denk aan de puntcontact diode) kunnen de rol van detector vervullen!

Ingeval de versterker goed is afgeschermd (bij voorkeur ondergebracht in een metalen, geaarde kast) dan zijn het vooral de in-

en uitgangen en de voeding die onze aandacht verdienen.

In 99 op de 100 gevallen komt het HF-signaal de versterker binnen via de verbindingsdraden met PU, afstemmer enz., of via de luidsprekerleidingen, waar het dan via de terugkoppellus aan de ingang terecht komt, ofwel via het net en de voeding.

We zullen nu eerst zien, hoe de storingen in het ontwerp grotendeels kunnen worden verholpen en hoe bij bestaande installaties of bij hardnekkige HF-doorstraling drastischer ingrepen kunnen worden doorgevoerd.

a) HF-doorstralingvoorzieningen bij het ontwerp

De meeste schakelingen die hierna worden besproken, beïnvloeden het frequentiespectrum van de versterker (verlagen het frequentiebereik). Een compromis zal dus moeten worden gezocht tussen de gewenste HF-doorstralingsbeperking en het gewenste frequentiebereik.

Het is dan ook aan te raden, dat degene die deze schakelingen wil aanbrengen, beschikt over de nodige meetinstrumenten om de invloed ervan na te gaan op het frequentiespectrum en op de zgn. transient response (blokgolf weergave).

1. HF-werkingontkoppeling aan de versterkeringang

Fig. 6 toont aan, hoe aan de basis van de ingangstransistoren een hoog-af filter kan worden toegevoegd.

We merken op, dat de detectie gebeurt via de basis-emitterovergang, vandaar dat de condensator wordt aangesloten tussen basis en emitter en niet tussen basis en aarde. Bij gebruik van OpAmp's als voorversterkers kan eenzelfde hoog-af filter worden toegevoegd aan de signaalvoerende ingang van het IC (fig. 7).

Het beste is voor C_x de grootst mogelijke waarde te kiezen, wel erop lettend, dat het

Fig. 4. Hoe aardlussen kunnen worden vermeden.

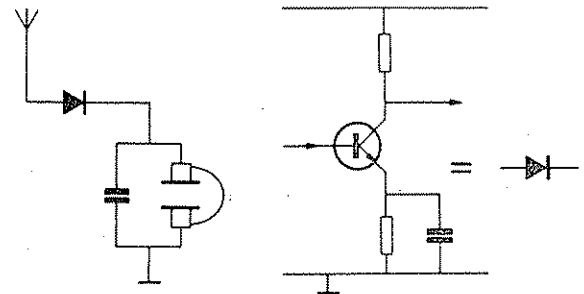
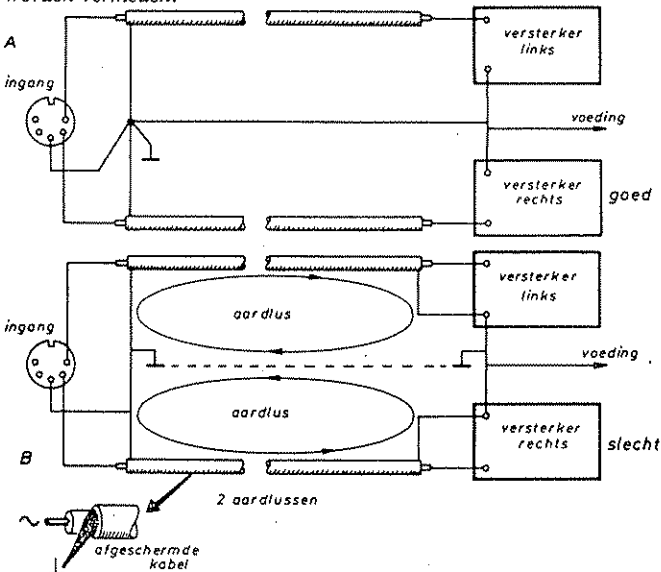


Fig. 5. Een niet-afgestemde kristalontvanger (links) kan worden vergeleken met een klassieke transistortrap uit een audioversterker (rechts).

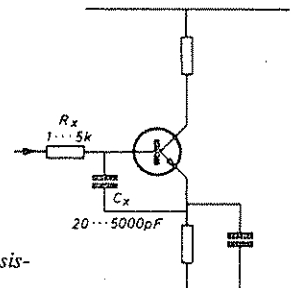


Fig. 6. Hoog-affilter in de basiskring van een transistor.

frequentiebereik van de versterker niet al te zeer wordt gereduceerd en dat de blokgolfgewergave binnen de normen blijft. Een andere weg, waarlangs HF-signalen toegang krijgen tot de versterker, is via de ingangsbussen resp. toevoerdraden naar de voorversterkerprinten.

Om de bromspanning zo gering mogelijk te houden (vermijden van aardlussen) worden de signaalvoerende leidingen meestal met de afschermende buitenste geleiders geaard aan de versterkerprint.

Om nu te voorkomen, dat HF-signalen via deze weg de versterker binnendringen is het nuttig, de ingangsbussen te voorzien van een HF-ontkoppelcondensator, zodat de toevoerdraden voor HF worden ont koppeld. (Fig. 8).

2. HF-wering aan versterkeruitgang

Soms gebeurt het, dat de luidsprekeraan sluitingen fungeren als antenne en dat het HF-signaal via de tegenkoppellus naar de ingang van de vermogenversterker wordt gevoerd. Men kan in deze tegenkoppellus meens een hoog-af filter aanbrengen en eventueel een kleine condensator aan de sturingang van de vermogenversterker (als deze sturing gebeurt met een OpAmp), om elke differentiële ruis te elimineren (fig. 9). De laatste condensator mag niet te groot worden gekozen, daar anders het hoog fors wordt afgesneden. De condensatoren, die worden gebruikt voor de HF-ontkoppeling, dienen bij voorkeur keramische schijftypen te zijn. Daar een condensator naast een bepaalde capaciteit ook nog een zelfinductie en een weerstand vertoont is het belangrijk de aansluitdraden zo kort mogelijk te maken, teneinde het inductieve- en weerstand gedrag van de condensator zoveel mogelijk te beperken (vooral belangrijk voor VHF

en UHF-storing). Een aansluitlengte van een paar mm maakt de condensator reeds totaal inactief in het VHF-gebied. Voor het VHF- en UHF-gebied is het echter vooral de weerstand R_x , die een dominante rol zal spelen in de eliminatie van het HF-signaal.

3. Netontstoring

Voor het elimineren van spanningspieken en HF signalen in de netleiding is een zogenaamd netfilter, zoals verder in de tekst wordt beschreven, het meest effectief. Dergelijke netfilters zijn wel in elektronicazaken te krijgen. Het is natuurlijk mogelijk een dergelijk filter in te bouwen in elk onderdeel van de HiFi-installatie, maar het is niet beslist nodig, zodat met één filter voor de hele keten kan worden volstaan.

Als dan enerzijds de verbindingdraden tussen de verschillende onderdelen van de keten zo kort mogelijk worden gehouden (werking als antenne) en als anderzijds in de onderlinge voedingen in een HF-ontkoppeling wordt voorzien, dan zijn we rond voor wat betreft HF-doorstralingbeveiliging in het ontwerp.

Als ontkoppeling kan over de primaire van de transformator een condensator worden aangebracht van $0,1 \mu F$ (1000 V doorslagspanning). Daar de voedingselco's een hoge impedantie vertonen in het HF-gebied, verdient het aanbeveling om een HF-ontkoppelcondensator (keramisch schijftype) parallel over de elco te schakelen.

4. Ingrepen in de versterker ingeval van hardnekkige HF-doorstraling

a) Bepaling van het deel van de versterker, waar HF-doorstraling optreedt

Daar HF-doorstraling meestal optreedt aan de ingang van de versterker, kan de volumeregelaar een aanduiding geven. Indien de interferentie vermindert wanneer het volume omlaag wordt gedraaid dan is het bijna zeker, dat het HF-signaal binnendringt via de ingangstrappen; blijft de interferentie echter constant dan dringt het signaal hoogstwaarschijnlijk de versterker binnen via de uitgangstrappen. Daar een slechte (of ontbrekende) aarding oorzaak kunnen zijn van ons probleem, is het noodzakelijk eerst en vooral de aarding te controleren.

Als de volumeregelaar invloed heeft op het interferentiesignaal, dient men de volgende punten na te gaan:

a) de luidsprekerdraden - vanwege de terugkoppellus kan het HF-signaal doorstralen naar de voorversterkertrappen (alhoewel deze lus na de volumeregeling is aangebracht). Het is niet uitgesloten dat de luidsprekeraan sluitingen een dusdanige lengte hebben dat ze als afgestemde antenne fungeren voor een bepaalde frequentie. In plaats van de aansluitdraden in te korten is het beter de effectieve antennelengte te verkleinen, door de overtollige draadlengte om een ferrietstaaf te wikkelen (één enkele laag als in transistorradio's.) Ingval de resonantie optreedt in het lange golf

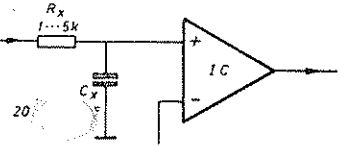


Fig. 7. Hoog-affilter aan de ingang van een lineaire versterker.

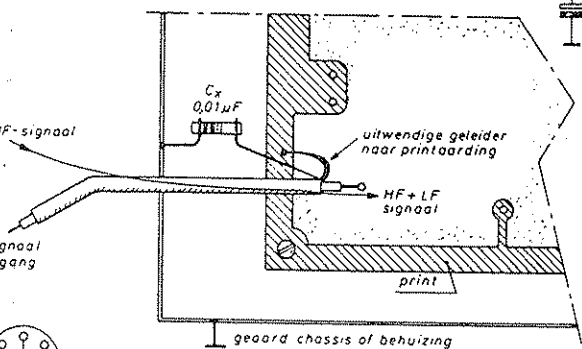


Fig. 8. HF-ontkoppeling van de ingangsbussen en toevoerdraden naar de voorversterkerprinten.

Fig. 9. Eliminatie van differentiële ruis aan de OpAmp-ingang en HF ont koppeling van de tegenkoppellus.

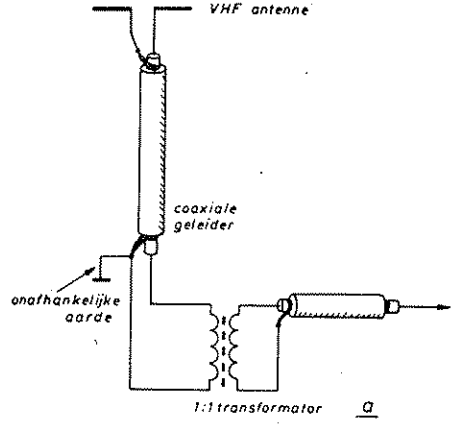
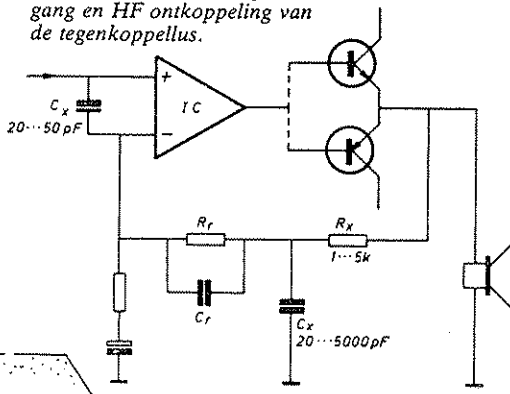
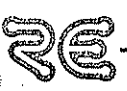
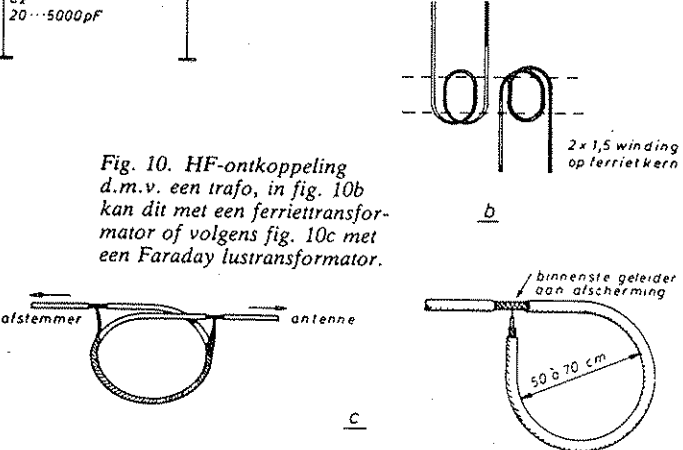


Fig. 10. HF-ontkoppeling d.m.v. een trafo, in fig. 10b kan dit met een ferriettransformator of volgens fig. 10c met een Faraday lustransformator.



voorzichting

gebied kan het nodig zijn meerdere ferrietstaven in serie aan te brengen.

Opmerking: Het kan helaas gebeuren, dat men bij het inkorten van de effectieve lengte terecht komt op de resonantie frequentie van een of andere zender die ergens hoger in het frequentiespectrum is gelegen, vandaar dat deze methode er een van „zoeken en testen” is en dat geen alomvattende regel kan worden aangegeven.

Men kan ook van de luidsprekeraansluitingen de draden door elkaar vlechten (zoals voor de gloeidraadaansluitingen in het buizentijdperk) of gebruik maken van afgeschermde draden. Bij groot-vermogen eindversterkers kan geen standaard afgeschermde draad worden gebruikt i.v.m. de grote luidsprekerstromen.

Voorts kan men tussen de versterkeruitgang en de aarde een condensator aanbrengen met een waarde tot $0,1 \mu\text{F}$ (keramisch type). Door de lage uitgangsimpedantie van de meeste versterkers zal de frequentiewaargave nauwelijks worden beïnvloed.

b) Signaaltoevoerleidingen

De beste manier om uit te zoeken, welke ingangskabel de oorzaak is van de interferentie, is om de pluggen er één voor één uit te trekken; wanneer het HF-signaal verdwijnt is meteen de oorzaak gevonden. Men kan ook hier een ferrietstaaf gebruiken of beter nog (indien de draaddoorsnede niet te groot is) een toroidale ferrietkern om de effectieve „antennelengte” van de toevoerdraden te verkorten.

Indien mocht blijken, dat de stoorsignalen via de FM-afstemmer de keten binnendringen, dan mag men niet vergeten, dat de coaxiale antenneleiding gemakkelijk lokale radiosignalen kan oppikken.

Het probleem is dan het doorlaten van het gewenste FM-signaal (binnenste geleider) en het elimineren van het ongewenste signaal dat wordt opgepikt door de buitenste geleider.

Fig. 10a geeft een methode om de interferentie te reduceren door een 1:1 transformator.

Hiervoor kan met voordeel een ferrietkernetje (fig. 10b) worden gebruikt (minimaal verlies van gewenste signaal, max

HF-verzwakking), maar men kan ook een Faradaylus maken (fig. 10c).

Indien ondanks alle bovenvermelde maatregelen het HF-signaal nog doorstraalt naar de versterkingangen zal het nodig zijn in te grijpen in de versterker zelf. De beschreven hoog-af filters zullen ook hier in de meeste gevallen een oplossing brengen. Men mag ook niet vergeten de soldeerpunten te onderzoeken (een slechte verbinding werkt praktisch als een ideale detector) en elk verdacht soldeerpunt door te solderen. Over de voedingselco's kan men tijdelijk een condensator van 10 nF aanbrengen, die men dan voorgoed kan inbouwen, indien daar de oorzaak van het probleem blijkt te liggen. Men kan ook een netfilter aanbrengen volgens fig. 11.

Naast de reeds hiervoor beschreven hoog-af filters kan men ook een filter volgens fig. 12 inbouwen.

Fig. 13 geeft een meer complexe schakeling, waarbij men de frequentie van de HF-straling moeten weten om de waarde van de componenten te berekenen.

Voor $L1$ kan eventueel een ferrietkraal worden gebruikt, terwijl de condensatoren keramische typen moeten zijn.

Indien de HF-storing in het VHF-gebied ligt kan soms een ferrietkraaltje over de basisaansluiting van de transistor worden geschoven, waar het fungeert als spoeltje. Als alle voorgaande schakelingen geen oplossing geven voor uw probleem, kan ik u maar één ding aanraden: verhuis!

Literatuurlijst

- Radio Handbook door William I. Orr, W6SA1 chapter sixteen „Radio Interference”
- Elektuur Printenboek „De 40 W Edwin in de praktijk”
- Radio Bulletin Dec. 1975 „Hoogfrequent instaling - Wat is daar tegen te doen?”
- Practical Wireless Vol. 51 no. 10/no. 11 „Radio Break-Through”
- Wireless World Vol. 82 no. 1488-1489-1490-1491 „Earthing shielding and filtering problems”
- Electronics today international sept. 1975 „Unwanted audio”

Fig. 12. HF-werend filter in de versterkertrappen.

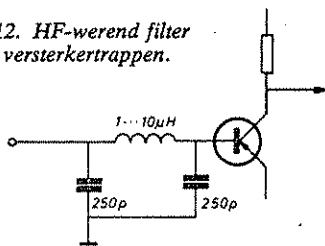


Fig. 13. HF-ontstoorfilter voor hardnekkige HF-storing.

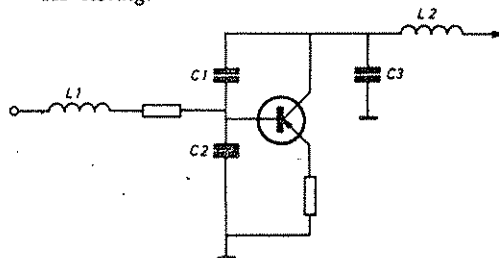
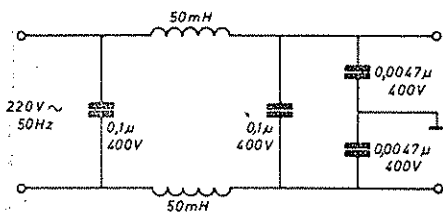


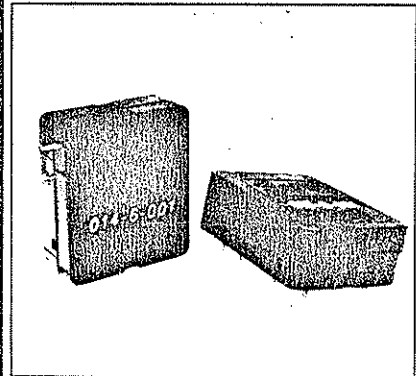
Fig. 11. In de handel verkrijgbaar met filter.



Ouderwets goed

KOOP

Rapa heeft een naam als ontwerper van geavanceerde relais. Varel heeft een naam als leverancier van geavanceerde elektronica-componenten. Logisch dat ze elkaar vonden. En dat alle Rapa-relais bij Varel in voorraad gehouden worden. Ook de hieronder afgebeelde:



Technische specificaties:

aansluiting 24 - 12 - 6 V
 kontaktbezetting 1 x wissel
 continu-stroom 8 Amp.
 inschakelstroom 12 Amp.
 schakelspanning 250 V
 schakelvermogen 240 W/600 VA

Meer weten over het Varel-programma?
 Bel of schrijf even.



varel bv

Delfstoffenweg 2
 Roermond
 Telefoon 04750-21544
 Telex 58271