

OVERSTYRING OG HØYFREKVENSSINNSLAG I ELEKTRONISKE APPARATER

**Utarbeidet av Radiostøykontrollen, Telenor AS*

Utsiktet deteksjon av høyfrekvenssignaler er blitt et betraktelig problem etter at transistoren har erstattet radiatorøret som aktivt element i elektronisk utstyr og ved at det nye utstyret opererer med langt bedre følsomhet enn tidligere tiders modeller. Spesielle konstruksjonsmessige detaljer gjør også sitt til at dagens utstyr er mere sårbart for slike forstyrrelser.

Et annet viktig element i denne sammenheng er den uhyre sterke vekst i antall radiosendere i bruk. Dette gjelder både ervervsmessig virksomhet og ren hobbybruk.

En sterk utbygging av kringkastingsnettet har også medvirket til at dagens hjemme-elektronikk utsettes for langt høyere elektromagnetiske felter en bare for 10-15 år siden.

Forstyrrelser av denne art kan ytre seg som innslag av forståelig eller uforståelig tale i lavfrekvensforsterkere, varierende mønster på TV-skjermen, eller som sjenerende brum eller lesbar tale på en telefonforbindelse.

Årsaken er i alle tilfeller den samme - høyfrekvent energi tas opp i systemet og fører til utsiktet operasjon av de aktive komponentene. Høyfrekvenskilden kan være en amatør- eller kringkastingssender, et radarutstyr, et industrielt høyfrekvensapparat eller lignende. Disse fungerer som oftest slik de skal, og problemet må derfor angripes på mottaker/forsterkersiden. Problemene som oppstår kan med fordel deles i to grupper:

1. Høyfrekvensinnslag HFI

Med HFI menes innslag i lavfrekvensforsterkere i radio, TV, musikkanlegg, elektronisk orgel, båndopptaker, telefonapparat, elektroniske styringssystemer osv. Til denne gruppen hører også innslag i TV-mottakeres videodel så lenge frekvensen på det forstyrrende signal er langt høyere enn de høyeste videofrekvensene. Det karakteristiske med HFI er med andre ord at systemet opptar energi på frekvenser langt over det vedkommende system er beregnet for.

2. Overstyring

Uttrykket overstyring brukes om de tilfeller der avstemte forsterkertrinn påtrykkes nivåer som langt overskrider det de er beregnet for.

Signalene kan ligge i eller utenfor det båndet forsterkeren skal behandle. Prinsipielt er også HFI en form for overstyring, men da disse to formene i praksis ytrer seg noe forskjellig, er det hensiktsmessig å skille ut HFI som egen årsak.

Overstyring vil i første rekke oppstå i inngangstrinn i radio/TV-mottakere og i fellesantenneanlegg.

Vi skal nå se litt nærmere på virkning, årsak og botemidler når det gjelder HFI og overstyring.

1. HFI

HFI kan som nevnt gjøre seg gjeldende som mer eller mindre lesbar tale som slår igjennom i en lavfrekvensforsterker. I de fleste tilfeller kommer høyfrekvenssignalene fra en amatørsender eller et privatradioutstyr i 27 MHz båndet. Om innslaget er lesbart eller ikke vil avhenge av modulasjonstypen og HF-signalets intensitet. Hvis innslaget er lesbart vil den forstyrrende senderen sannsynligvis være et privatradioutstyr, da disse normalt er amplitudemodulert. Amatørsendinger går som regel på SSB (enkelt sideband) som gir ulesbare innslag. Kjøres det CW (morse) vil innslaget arte seg som en dyp tone eller brum, med et klikk ved begynnelsen og slutten av hvert tegn.

Siden HFI er direkte innslag i lavfrekvenstrinnet vil det ikke ha noen betydning hvilket bånd en radiomottaker er innstilt på. I de fleste tilfeller vil heller ikke volumkontrollen ha stort å si for innslagets styrke. I noen tilfeller har en registrert at innslaget er kraftigst ved helt nedskrudd volumkontroll.

Ved innslag i LF-trinnet i TV-mottakere vil forstyrrelsen arte seg som beskrevet ovenfor. En kan imidlertid også få innslag i TV-mottakerens videodel, med den følge at en får lysblaff som varierer i takt med modulasjonen på den forstyrrende senderen.

HVORDAN BLIR MOTTAKERUTSTYRET TILFØRT UØNSKET HF?

De HF-signalene som skaper problemer kan komme inn i mottakeren enten via tilledninger eller ved direkte innstråling.

I det første tilfellet kan kraftige elektromagnetiske felter indusere høyfrekvente strømmer i utstyrets tilledninger og disse strømmene setter opp spenninger som det ikke er forutsatt at transistorene skal tåle. Ved musikkanlegg vil f.eks. høyttalerledningene kunne virke som effektive antenner for de frekvenser det her er tale om (3 - 300 MHz). Særlig vanskelig er det hvis høyttalerledningene er ca. $\lambda/4$ lange og virker som antenner i resonans (27 MHz : 2,8 m.). Høyfrekvensenergien kan også plukkes opp av de andre tilledningene og føres inn i systemet. Dette gjelder særlig lavfrekvenskabler fra grammofon eller båndopptaker, antenne, jordledning og endelig nettleidingen selv. For TV-apparater med fjernstyring kan fjernstyringskabelen være det svake punkt. Som oftest er det imidlertid samspillet mellom antenneeffektiviteten av de forskjellige tilledningene som bestemmer graden av høyfrekvensinnslag. Problemet kan derfor variere i styrke etter som forskjellige kabelkombinasjoner prøves.

Er de elektromagnetiske feltene rundt mottakeren kraftige nok, vil vi få innslag

selv med alle tilledninger frakoblet. Dette betyr at det induseres strømmer i ledninger og komponenter inne i apparatet. Vi har da et tilfelle av direkte innstråling, noe som forekommer spesielt ved meget høye frekvenser, f.eks. radar. Er feltet meget kraftig, kan vi imidlertid få direkte innslag også ved lavere frekvenser, og det er ikke uvanlig at kortbølgesendere kan slå direkte inn i mottakerutstyr spesielt i tettbygde områder, hvor avstanden mellom sender og mottakerutstyr er bare noen få meter.

HVORDAN FOREGÅR DETEKSJONEN AV DET UØNSKEDE SIGNALET?

La oss se mer i detalj på hva som hender når en høy HF-spenning blir liggende mellom en forsterkers høttalerutgang og jord som følge av induksjon i høyttalerledningene. Ref. fig. 1 som forenklet viser et typisk utgangstrinn.

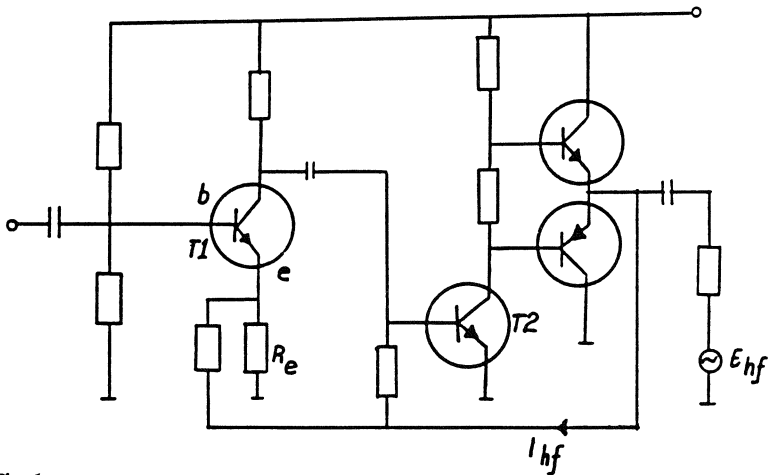


Fig. 1.

Den induserte HF-spenningen vil forårsake en HF-strøm i tilbakekoblingsløyfen (I_{hf}) og vi kan få et betydelig spenningsfall over emittermotstanden i første forsterkertrinn. T_1 's base ligger til jord gjennom en impedans Z_b , og vi kan få likeretting av HF-spenningen i den første base/emitterdioden. Dette er vist i fig. 2.

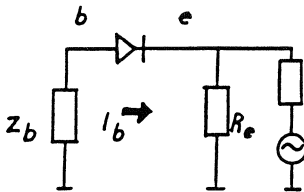


Fig. 2.

Fig. 2. Ekvivalent inngangskrets T_1

Hvis den høyfrekvente spenningen er modulert vil dioden (b/e) demodulere signalet med påfølgende LF-forsterkning i resten av forsterkeren. Det samme kan skje ved transistor T_2 hvor HF-spenningen tilføres basen direkte.

Det deteksjonsfenomen som her er beskrevet vil også kunne opptre andre steder i forsterkeren. Særlig vil inngangstrinnene være utsatt. En må anta at samtidig deteksjon i flere trinn også kan forekomme.

HVORDAN UNNGÅ HFI

Det er flere prinsipielt forskjellige måter å unngå HFI på. Dersom de uønskete HF-signalene blir oppfanget av utvendige tilledninger - herunder også nettleiding - må en først og fremst forsøke å hindre høyfrekvensenergien i å komme inn i forsterkeren. Dette gjøres ved hjelp av forskjellige typer filtre eller ved å skifte ut skjermede ledninger med skjermede.

Dersom høyfrekvensenergien stråler direkte inn i følsomme kretser i systemet, er det nødvendig å gå til inngrep i selve forsterkertrinnene for å øke immuniteten. Dette må imidlertid gjøres i forståelse med fabrikanten da uheldige løsninger kan påvirke frekvensgang og klirrfaktor. Som oftest lar det seg gjøre å finne løsninger som ikke påvirker lavfrekvenskvaliteten.

Ved direkte innstråling kan det i visse tilfeller være aktuelt med mekanisk skjerming av de deler hvor innstrålingen fanges opp, f.eks. MF-forsterker, videoforsterker i TV-mottaker osv. En enkel flytting av mottakeren kan i enkelte høve gi godt resultat.

HF-FILTER I TILLEDNINGENE

Fig. 3 viser hvor de utvendige filterne kan plasseres for å hindre uønsket HF i å komme inn i utstyret ad ledningsbundet vei. I stedet for skilletrafo i antenneledning, kan det benyttes høypass, båndpass, båndpassfiltre etc. De forskjellige typer filtre må konstrueres slik at de virker for de frekvensbånd det er aktuelt å dempe eller sperre.

Et alternativ til filter i høyttalerledningen er å gå over til skjermede ledninger. Vår erfaring er at dobbeltleder med flytende skjerm i de aller fleste tilfeller løser HFI-problemet. Noen ganger kan det være riktig å jorde skjermen ved forsterkeren. Dette avhenger av konstruksjonsmessige detaljer og bør utprøves i hvert enkelt tilfelle.

På eldre apparater med germanium utgangstransistorer kan man få HFI selv med avslått apparat på grunn av germaniumtransistorenes lavere åpningsspenning. Slik deteksjon kan hindres med utvendige hjelpemidler.

HF-FILTER I TILLEDNINGENE

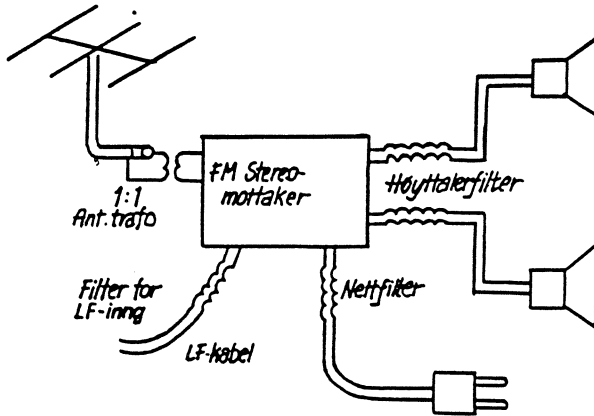


Fig. 3.

NETTFILTER

LB og lavere

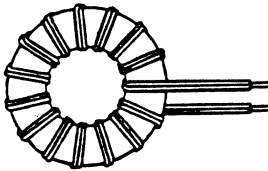


Fig. 4. LB og lavere. Ringkjerne av ferritt. Ytre diameter ca 36 mm, åpning ca 23 mm. Nettledningen vikles bifilært på ringkjernen med 14 tærn.

MB/KB

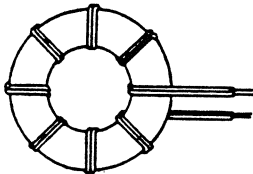


Fig. 5. MB/KB. Samme ringkjerne som i figuren ovenfor. Her benyttes 7 viklinger bifilært.



Fig. 6. Kjernelengde 240 mm. Kjernediameter 10 mm. Nettledningen vikles opp hele lengden av ferritt-antennestaven. Filteret plasseres så nær mottakeren som mulig.

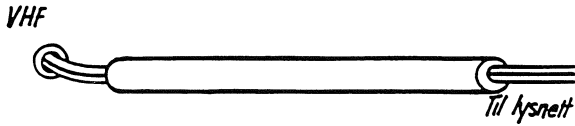


Fig. 7. Ferrittrør med liten åpning. Type og materiale ikke spesielt viktig.

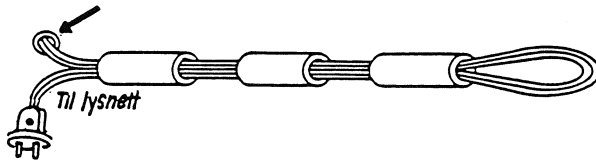


Fig. 8. Ferrittrør med stor åpning. Nettledningen legges dobbelt og føres gjennom rørene.

Det finnes også ferdigbygde nettfiltre beregnet på innbygging i mottakerutstyret. Andre typer nettfiltre leveres innkapslet med støpsel og kontakt.

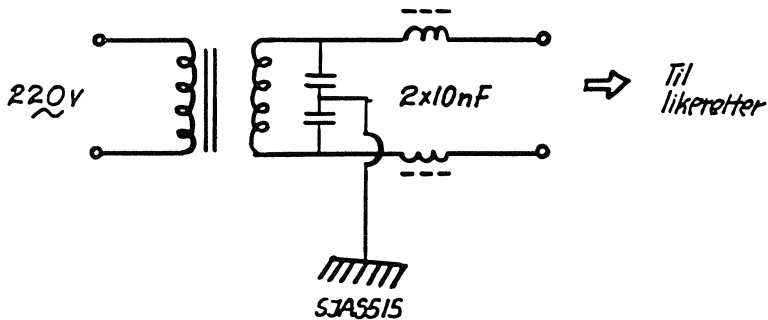


Fig. 9. Eks. på nettfiltrering montert umiddelbart foran likeretteren i mottakerutstyret. NB! Avkoblingskondensatoren må være NEMKO-godkjent.

FILTER FOR HØYTTALERLEDNINGER

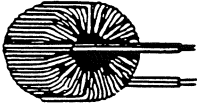
Meget lave/LB/MB

Fig. 10. LB/MB. Ringkjerne av ferritt. Ytre diameter ca 25 mm. Indre diameter ca 15 mm.

Høyttalerledningen vikles bifilært på kjernen. Frekvensgang og klirrfaktor påvirkes lite.

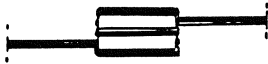
KB/VHF

Fig. 11. KB/VHF. Rørkjerne av ferritt. Ytre diameter ca 15 mm. Indre diameter ca 10 mm. 6 tørn vikles bifilært.

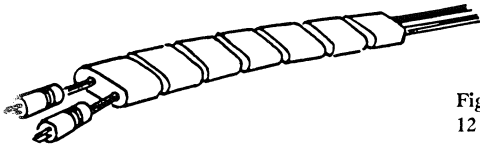


Fig. 12. Ferrittkjerne med to åpninger. Ca 12 kjerner trekkes på høyttalerledningen med en ledning i hvert hull.

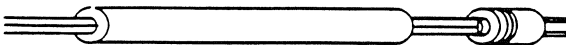
VHF

Fig. 13. Ferrittrør med liten åpning. Samme type som er brukt til nettfilter. Jfr. fig. 7.

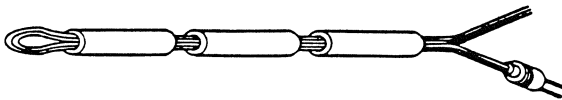


Fig. 14. Ferrittrør med stor åpning. Samme type som er brukt til nettfilter. Jfr. fig. 8.

FILTER FOR LF-INNGANGER

Filter som plasseres i ledninger til pick-up-, båndopptaker- og mikrofoninnganger bør vanligvis bygges inn i skjermboks for å unngå at filteret plukker opp brumspenninger fra lysnettet.

Filteret kan henholdsvis utstyres med han- og hunplugg slik at det lett støples inn mellom ledningskontakt og chassiskontakt.

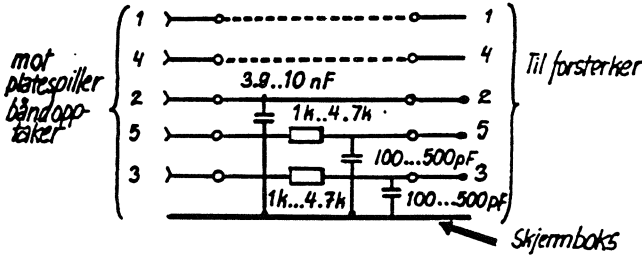


Fig. 15. Filter for høyohmig inngang.

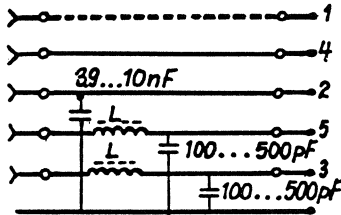


Fig. 16. Filter for lavohmig inngang.

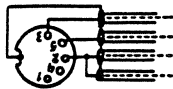


Fig. 17. Ledning fra stereo platespiller. Samtlige skjermer er sammenkoblet og lagt til chassis på Din-plugg til LF-forsterkerinngang.

I stedet for utvendige filtre, kan komponentene selvsagt bygges inn i utstyret f.eks. på LF-chassiskontakten. Dette arbeidet bør imidlertid utføres av radiofagmannen. (i samråd med fabrikanten/leverandøren).

Dersom innslaget skyldes en sender på VHF vil en vanligvis oppnå et godt resultat ved å føre LF-ledningen (e) gjennom ferrittrør.

SKILLETRANSFORMATORER

Ofta blir mottakerutstyret tilført uønsket HF via skjerm på antenneledningen. En skille trafo bryter den galvaniske forbindelsen langs skjermen og demper det uønskede HF-signalet kraftig. Nyttesignalet passerer uten særlige tap da det er liten demping i passbåndet.

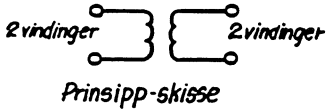
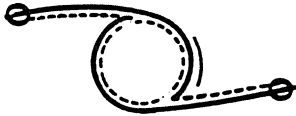
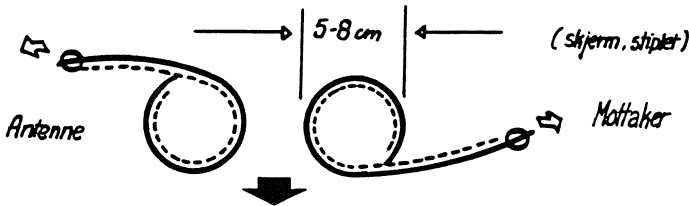


Fig. 18. Prinsipp-skisse.



Senterleder kobles til skjerm. De to sløyfene legges på hverandre og festes sammen ved hjelp av tape. Nyttesignalet dempes 5 - 6 dB i TV-bånd I mens dempingen er ubetydelig i TV-bånd III.

Fig. 19. Enkel skilletrafo laget av antenneledning.

HF-AVKOBLING I LF-DELEN

Dersom det ikke er tilstrekkelig med utvendige filtre for å unngå HFI, er det nødvendig med HF-avkobling direkte i forsterkertrinnene i lavfrekvensforsterkeren. Slike inngrep må kun foretas etter samråd med fabrikant/leverandør.

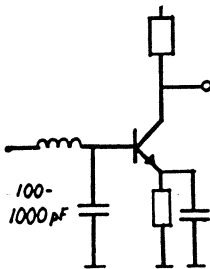


Fig. 20.

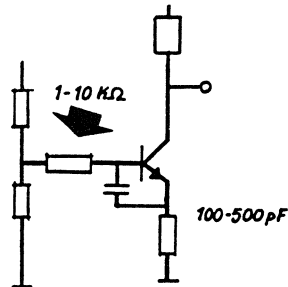


Fig. 21.

Avkobling av base/emitterdiodene.

Vær klar over at avkoblingskondensatorenes tilledninger må være så korte som mulig for å unngå resonansfenomener på grunn av tilledningenes induktivitet. Kapasitetsverdien bør vurderes i hvert enkelt tilfelle slik at en oppnår den mest effektive avkobling uten at det påvirker forsterkerens lavfrekvensrespons. Hva angår avkobling til jord er det ikke alltid at chassiet ligger på HF-jordpotensial. Ved store HF-strømmer i chassiset vil en kunne få betraktelige spenninger mellom ulike punkter på chassiset. En må derfor varsom så en ikke kobler HF fra chassiset til transistorene isteden for omvendt. Det er ofte fornuftig å finne ett jordingspunkt på printplaten hvis ledningslengdene tillater det.

Avkobling av basis på emitterfølgere bør i mange tilfeller gå til jordfoliet idet kobling til emitter kan føre HF-signalet videre til neste trinn. Ved høye frekvenser (på kortbølge) er ofte basisemitteravkobling best. Ved lavere frekvenser er basisjord best.

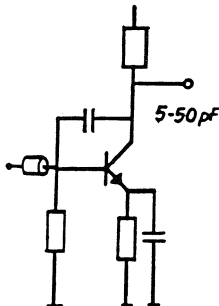


Fig. 22.

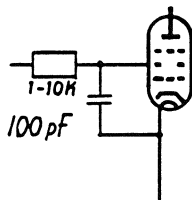


Fig. 23.

I særlig vanskelige tilfeller kan det hjelpe med små drosler, en ferrittperle eller en motstand i serie med basen. Printbanen fjernes i ca 6 mm lengde så en unngår kapazitiv kobling over bruddet. Velger en å bruke seriemotstand i basen på første forsterkertrinn må en forvisse seg om at støyfaktoren ikke endrer seg for mye. En håndregel er at den motstand basen seg ikke bør endres med mer enn 10 %. I dette tilfelle må en nytte motstander av lavstøytype.

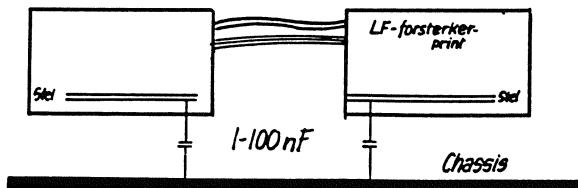


Fig. 24. Eks. på HF-avkobling i en rørforsterker.

En spesiell form for HF-avkobling er å sørge for bedre HF-forbindelse mellom printjord og chassisejord eller mellom printplatene innbyrdes. For å unngå nettbrum anbefales bruk av keramiske kondensatorer på 1 - 100 nF med korte tilledninger.

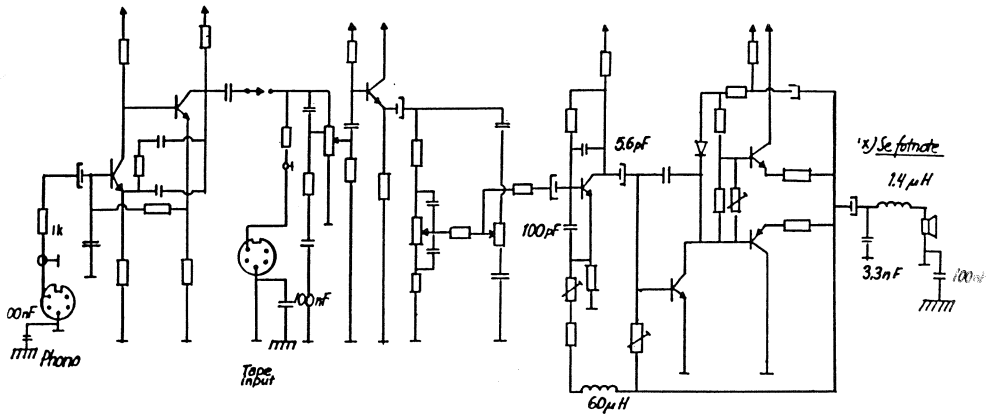


Fig.25

||||| chassisjord
 \perp pintjord

Fig. 25. Eksempel på HF-beskyttelse av en kommersiell forsterker. Komponentverdier er påført for tilleggskomponentene.

x) Komponentene i utgangsfilteret er kritiske og bør spesifiseres av fabrikant. Gale verdier kan gi stabilitetsproblemer.

SKJERMING

Skyldes HF-innslaget signaler med meget høye frekvenser (radar), er det forholdsvis enkelt å hindre forstyrrelsene ved hjelp av mekanisk skjerming.

Montering av metallfolie utenpå eller inne i selve mottakerkassen kan svært ofte løse problemet. En annen utvei er å montere metallfolie på veggen bak mottakerutstyret. En liten flytting av mottakeren kan også være til hjelp da høye frekvenser dempes mer eller mindre avhengig av veggens beskaffenhet og tykkelse.

For lave frekvenser - VHF, KB og lavere - er skjerming vanligvis ingen praktisk løsning. For å oppnå effektiv skjerming på slike frekvenser er det nødvendig å bygge mottakerutstyret inn i faktiske skjermbur og det er neppe aktuelt til hjemmebruk.

2. OVERSTYRING

Et typisk eksempel på overstyring er vist i fig. 26 som forenklet viser første forsterkertrinn i en radiomottaker eller et fellesantenneanlegg.

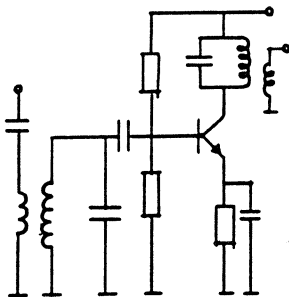


Fig. 26. Avstemt forsterker.

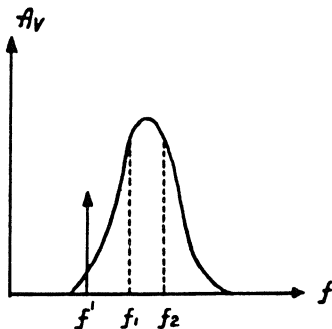


Fig. 27.

Forsterkeren er ment å behandle signaler i båndet $f_1 \rightarrow f_2$. Da selektivitetskurven for et enkeltavstemt trinn ikke vil bli særlig steil, vil en kraftig sender som ligger langt utenfor båndet kunne gi betydelige spenninger på forsterkertrinnets base. (F.eks. f^1). Da dette trinnet er beregnet å arbeide med svært små spenninger, vil det kraftige signalet på frekvensen f^1 kunne virke som lokaloscillatorsignal som gir blanding med andre signaler utenfor båndet. Enkelte av disse blandingsproduktene vil kunne falle i forsterkerens passbånd med det resultat at de gjengis i mottakeren. Særlig vanskelig blir det hvis det er to eller flere kraftige stasjoner. Dette gir mange muligheter for blandingsprodukter og forekommer rett som det er i praksis.

Tenker en seg at signalet med frekvens f_1 øker ytterligere, vil transistoren lett utsettes for spenningsnivåer den ikke kan klare - derav navnet overstyring. Drives base/emitterdioden sterkt inn i det ulineære området vil det genereres et utall av harmoniske av drivfrekvensen. Hver av disse kan gi blandinger med signaler som ligger i og utenfor båndet og sannsynligheten for forstyrrelser blir meget stor. Et kraftig signal innen det ønskede bånd vil føre til samme resultat.

I fellesantenneanlegg opplever en ofte at en forsterker gir høyere utgangsnivå enn den etterfølgende forsterker kan tåle med overstyring som resultat. Et typisk eksempel er FM-anlegg hvor samme stasjonen kan finnes igjen flere steder på mottakerens skala.

I anlegg for LMK har en i tillegg det problem at signalenes inngangsnivå kan variere sterkt i løpet av døgnet. Et anlegg som fungerer tilfredsstillende på dagtid vil lett kunne overstyres om kvelden når signalene fra de utenlandske senderne tiltar i styrke.

På TV vil overstyring arte seg som striper, gjerne i takt med modulasjonen på den forstyrrende senderen. Vanligvis får en her også forstyrrelser i lyden.

Overstyring avhjelpes ved å sperre den kraftige uønskede stasjonen ute fra systemet. Som oftest er et filter den riktige løsningen. Høypass/lavpass eller avstemte filtre velges i forhold til hvert enkelt problem.

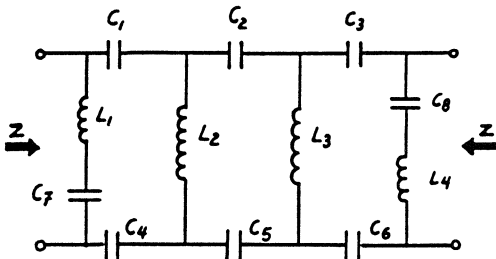


Fig. 28. Høypassfilter. Symmetrisk.

$$C_1 = C_3 = C_4 = 33 \text{ pF}$$

$$C_2 = C_5 = 15 \text{ pF}$$

$$C_7 = C_8 = 12 \text{ pF}$$

$$L_1 = L_4 = 2,3 \text{ } \mu\text{H}$$

$$L_2 = L_3 = 0,5 \text{ } \mu\text{H}$$

$$Z = 240 \text{ ohm}$$

$$f_c = 30 \text{ MHz}$$

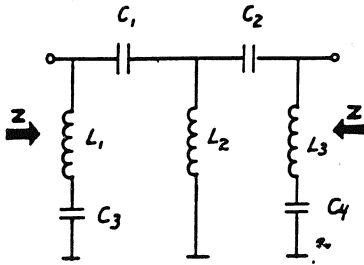


Fig. 29. Høypassfilter. Usymmetrisk.

$C_1 = C_2 = 68 \text{ pF}$	$L_2 = 0,13 \text{ } \mu\text{H}$
$C_3 = C_4 = 50 \text{ pF}$	$Z = 75 \text{ ohm}$
$L_1 = L_3 = 0,6 \text{ } \mu\text{H}$	$f_c = 30 \text{ MHz}$

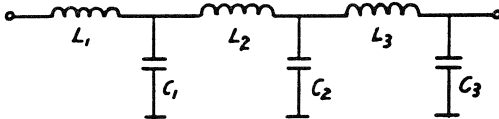


Fig. 30. Lavpassfilter. Usymmetrisk.

$L_1 = 0,2 \text{ } \mu\text{H}$	$L_2 = 0,8 \text{ } \mu\text{H}$
$L_3 = 0,6 \text{ } \mu\text{H}$	$C_1 = 100 \text{ pF}$
$C_2 = 133 \text{ pF}$	$C_3 = 36 \text{ pF}$
$Z = 75 \text{ ohm}$	$f_c = 30 \text{ MHz}$