

## 2 lineære PA-trin til 2 meter

Af OZ3MZ, Svend Christensen, Morbærhaven 17-4, 2620 Albertslund.

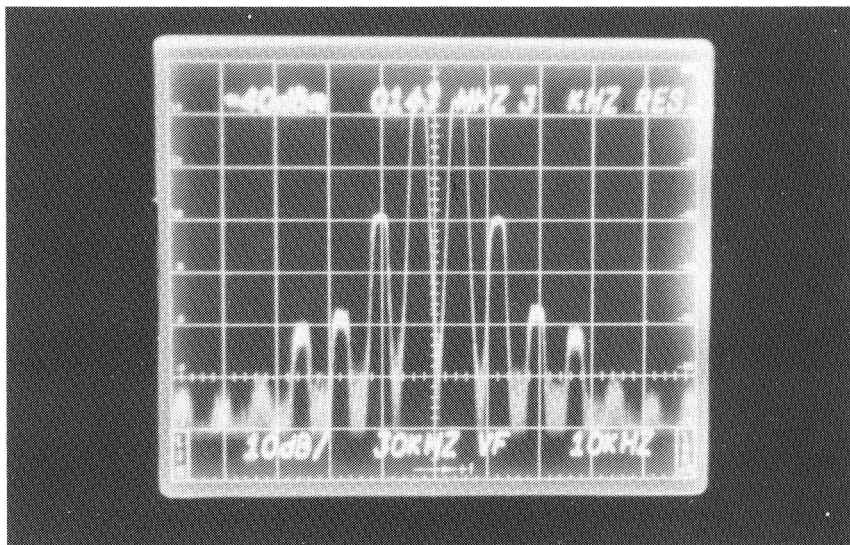


Foto taget fra Tektronix 7L13 viser IMD test af MD 511/10.

Jeg vil i denne artikel beskrive to PA-trin på henholdsvis 10 og 25 watt. Begge PA-trin er lineære, og de giver ved -30 dB IMD et output på ca. 6 W for det lille PA-trin og ca. 13 W for det store PA-trin.

De nævnte 10 og 25 W er udgangseffekter, som jeg anbefaler kun bruges ved PM-drift. Det er denne udgangseffekt, som af nogle kaldes for PEP-effekt og er lidet anbefalelsesværdig, når der køres SSB. – Alt dette vender vi tilbage til.

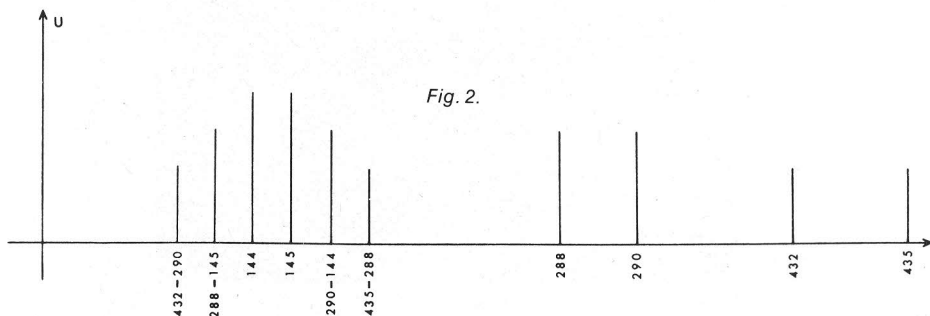
### Teoretisk gennemgang:

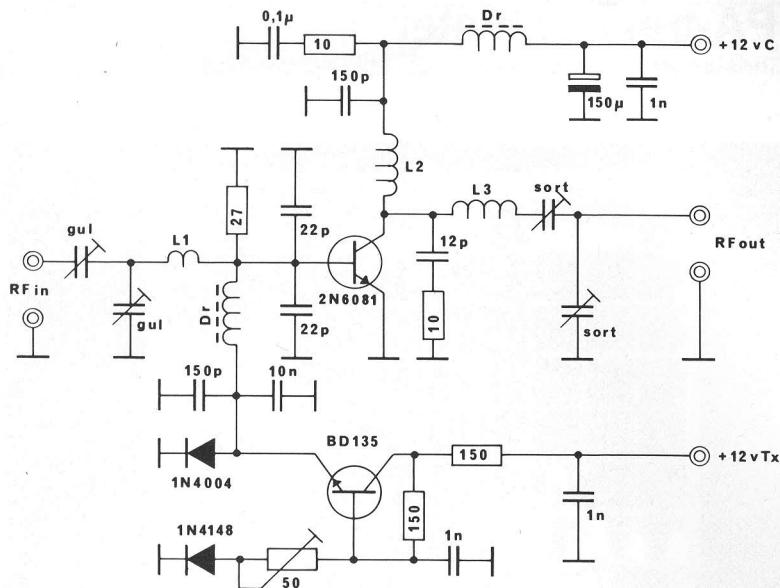
#### Hvad er en lineær forstærker?

En lineær forstærker er en forstærker, som ikke tilfører det afgivne signal nævneværdig for-

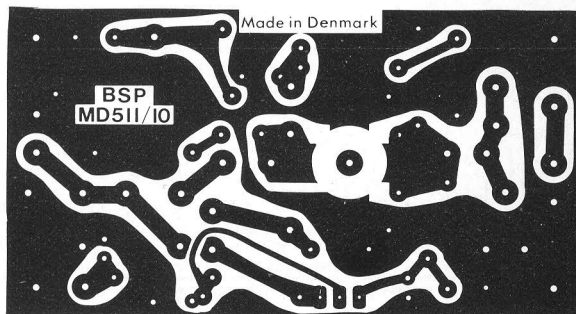
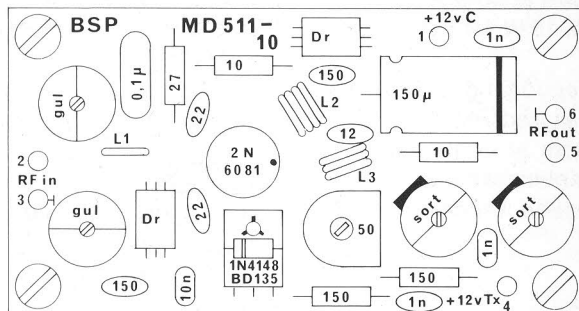
vrængning. Det vil med andre ord sige, at forstærkeren ikke frembringer væsentlig harmoniske. Dette har overordentlig stor betydning, når forstærkeren skal forstærke to eller flere frekvenser samtidig.

Hvis vi tænker os, at vi samtidig skal forstærke to frekvenser, nemlig 144 og 145 MHz, og forstærkeren forvrænger (er ulineær), vil der dannes to nye frekvenser, nemlig  $2 \times 144 = 288$  MHz og  $2 \times 145 = 290$  MHz. Når disse fire frekvenser forefindes i samme ulineære element (transistor), vil de blande sig med hinanden og danne følgende nye frekvenser, se fig. 2:  $(2 \times 145 \text{ MHz}) - 144 \text{ MHz} = 146 \text{ MHz}$  og  $(2 \times 144 \text{ MHz}) - 145 \text{ MHz} = 143 \text{ MHz}$ . Dette fænomen kaldes 3'ie ordens intermodulationsforvrængning (IMD).

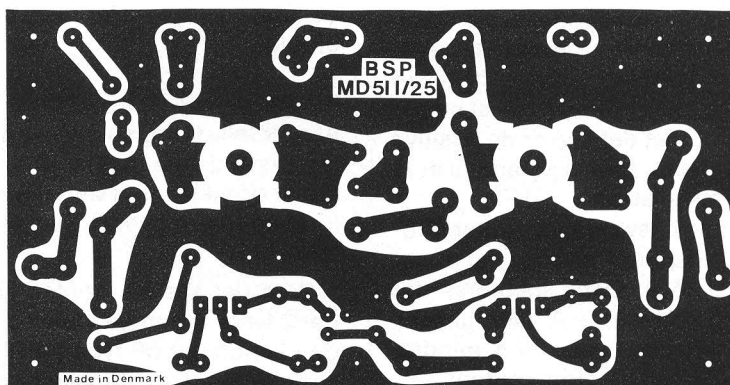
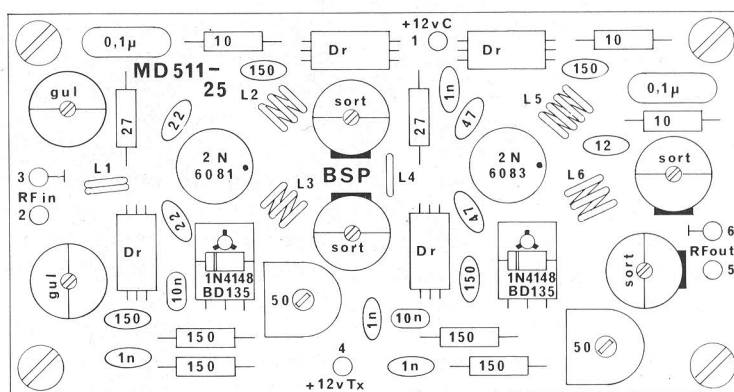
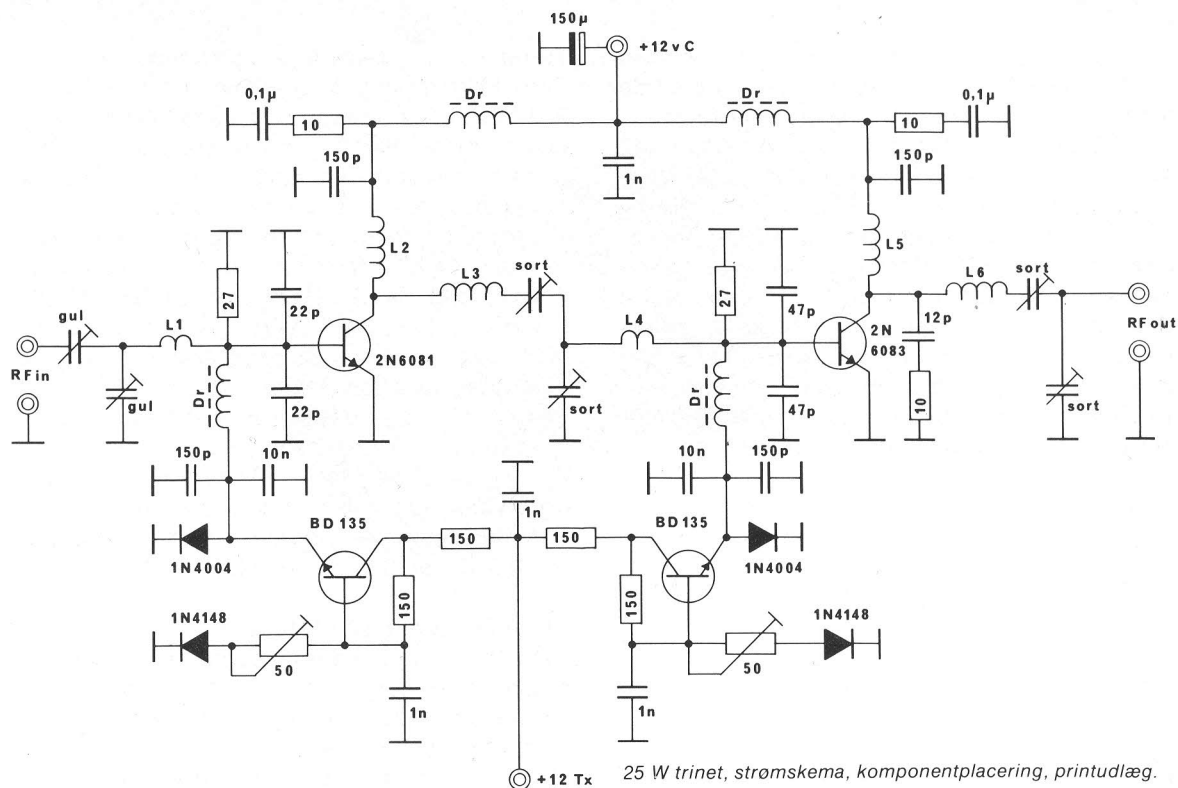




10 W trinet, strømskema print- og komponentplacering.



75 ± 0,2 mm



Endvidere dannes der også 3'die harmoniske af grundfrekvenserne, som blander sig med de før nævnte 2'den harmoniske og giver følgende nye produkter:  $(3 \times 144 \text{ MHz}) - (2 \times 145 \text{ MHz}) = 142 \text{ MHz}$  og  $(3 \times 145 \text{ MHz}) - (2 \times 144 \text{ MHz}) = 147 \text{ MHz}$ . Dette kaldes 5'te ordens intermodulationsforvrængning. Det samme gør sig gældende, når frekvensen er 1 kHz. Herved dannes en 2 kHz og en 3 kHz-tone sammen med 1 kHz-tonen. Dette bidrager til forvrængning, som nedsætter rækkevidden på grund af forringet læselighed af det afsendte signal, samt at man let bliver til gene for sine medamatører, da senderen vil brede sig utilsigtet på grund af de uønskede sidebånd.

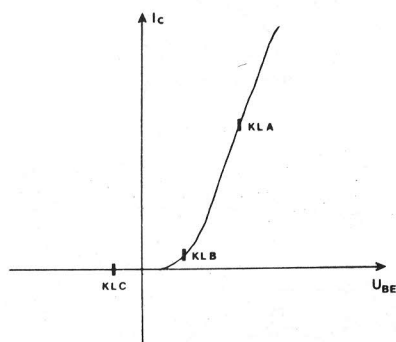


Fig. 3.

### Hvorledes forhindres forvrængning?

Det afgivne signals forvrængning hænger nøje sammen med, hvor på transistor karakteristikkens arbejds punkt vælges, se fig. 3. Som det ses af karakteristikkens, vil det bedste være at vælge arbejds punkt til klasse A-drift. Dette medfører dog, at tomgangsstrømmen vil blive for stor, hvilket går ud over den afgivne HF-effekts størrelse. Hvis du vælger at lade trinnet arbejde i klasse C, bliver tomgangsstrømmen nul, og stor effekt kan opnås (kun FM), men til gengæld får vi et meget forvrænget signal ud, idet det kun er de positive halvbølger af HF-signalet, som er i stand til at få transistoren til at trække strøm.

Følgelig heraf må vi desværre gå på kompromis og vælge arbejds punkt således, at trinnet arbejder i klasse B (AB). Dette medfører lidt større forvrængning end klasse A, men til gengæld er tomgangseffekten væsentlig mindre, hvilket medfører mulighed for større output.

### Termisk beskyttelse af transistoren.

Som det fremgår af diagrammerne, er der indført 2 dioder i basisforspændingskredsløbet. Disse dioder medvirker til termisk stabilisering. Når transistoren under sending opvarmes, vil spændingsfaldet over basisemitterdioden falde ( $2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ ). Dette medfører, at transistoren trækker større basisstrøm, hvilket igen medfører yderligere opvarmning. — Her er det, at dioden 1N4004 kommer ind i billedet. Denne skal have god termisk kontakt til transistoren, hvorved diodens spændingsfald også falder med  $2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ , hvilket igen medfører, at basisstrømmen falder, kollektorstrømmen falder, hvorved temperaturen falder, spændingsfaldet over basis-emitterdioden og 1N4004 stiger, hvorved temperaturen falder. Samme fænomen optræder omkring transistoren BD 135 og dioden 1N4148.

### HF-stabilisering af PA-trinene.

Som det ses af diagrammerne, er der indført nogle komponenter, som umiddelbart ser overflødige ud. Dette er dog langt fra tilfældet.  $150 \mu\text{F}$  ellytten på forsynings spændingen har til opgave at tage sig af den store startstrøm, som er en følge af de lave impedanser i de anvendte transistorer.

$10 \text{ ohms}$  modstanden i serie med  $0,1 \mu\text{F}$  kondensatoren er anbragt for at »ødelægge« selvinduktion i kondensatoren, som skal afkoble lavere frekvenser.

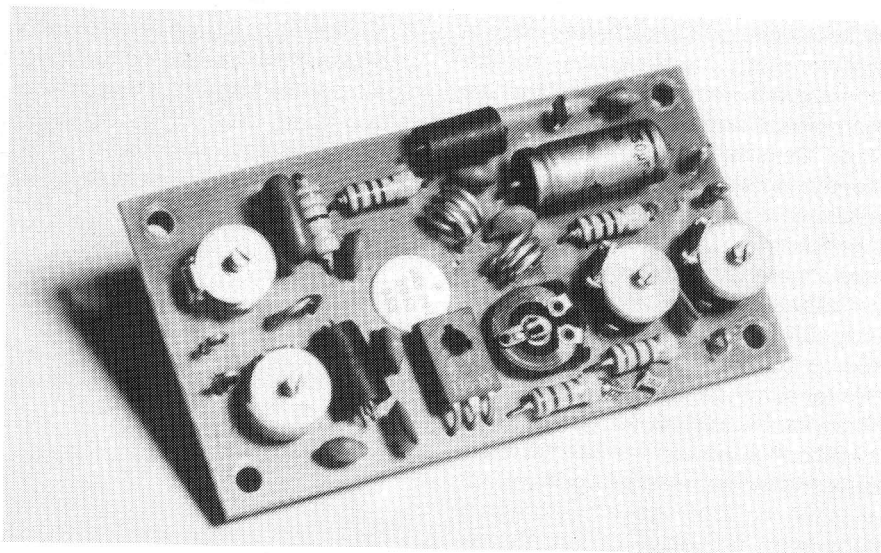
Leddene  $12 \text{ pF}$  i serie med  $10 \text{ ohm}$  er anbragt for at begrænse kollektor-emitterkapacitetsændringen i transistoren, som ved varierende antennebelastning kan fremkalde »squegg«. Det vil sige selvsving på lavere frekvenser i området  $1\text{--}40 \text{ MHz}$ .

De drosselspoler, jeg anvender, er ikke af den normalt kendte type. De anvendte har den egenskab, at impedansen er rent ohmsk, hvilket medfører, at de ikke kan optræde som resonanskredse. Disse vil fremover blive benævnt som ferritdrosler.

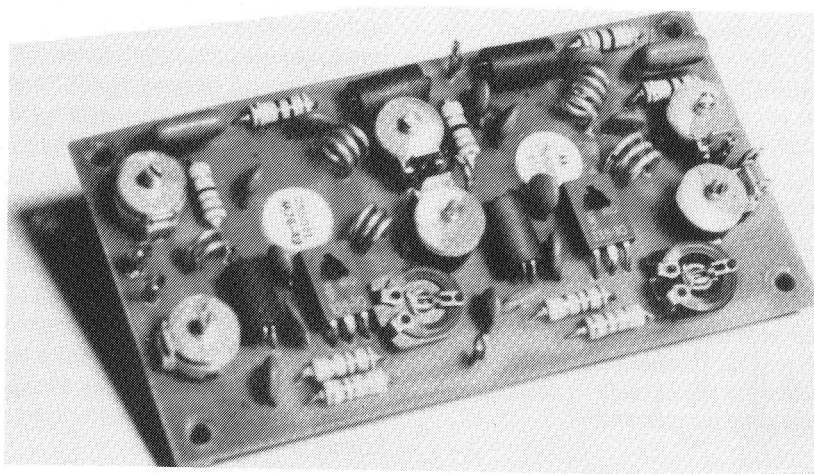
### Montering og afprøvning.

Af specielle komponenter kan nævnes ferritdrosler. Disse drosler består af et stykke ferrit med 6 huller og vikles som vist i figuren. Tråden er uisolaret monteringsstråd med en tykkelse på  $0,5 \text{ mm}$ .

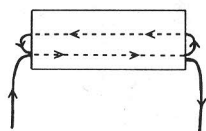
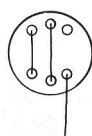
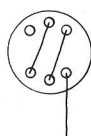
Som det ses på monteringsplanerne, bruges der 2 typer trimmere, gule og sorte. De gule er af den kendte  $60 \text{ pF}$  type fra Philips, hvorimod de sorte er fra det østrigske firma Dau. De har den



10 W PA-trin.



25 W PA-trin.

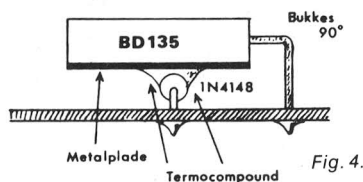


L 1 Lille PA trin.

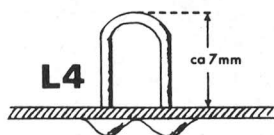
L 4 Stort PA trin.



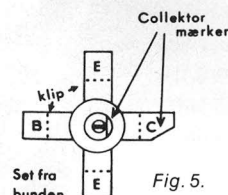
egenskab, at de kan tåle ret store effekter uden at brænde fast. Denne egenskab skyldes, at trimmerne har teflon som isoleringsmateriale mellem stator og rotorplade. Disse trimmere er lige som de gule på 60 pF. Det skal nævnes, at denne trimmer type er ret dyr i anskaffelse, men det opvejer let den irritation, som man udsættes for, når de almindelige trimmere er brændt fast. Ligeledes kan et trimmepotmeter på 50 ohm være svært at få fat på – det skal nævnes, at et 100 ohms potmeter kan bruges, men det bliver ikke let at indstille. – BLY88 og BLY89 kan erstatte 2N6081 og 2N6083. – Monter samtlige komponenter undtagen spolerne og PA-transistorerne, gem disse til sidst. – Brug termokompound når BD 135 monteres, og monter denne som vist på fig. 4.



Monter nu spolerne. Disse monteres så tæt mod printpladen som muligt. Pas på at viklingerne ikke kortslutter. Dette gælder ikke for L1 i det lille PA-trin og for L4 i det store PA-trin, da disse kun består af en bøjle, disse monteres som vist på figuren.



Vi skal nu montere PA-transistorerne. Her skal man være påpasselig og forsigtig. Spænd eventuelt printet fast i en skruestik og vend kobbersiden opad, brug fig. 5 som orientering. Pas på ikke at vende transistorerne forkert, husk at printet betragtes fra kobbersiden under montagen.



Klip benene af transistorerne, således at de antager en længde på ca. 4 mm. Kollektorerne kan stadig kendes, idet der er lavet en markering på »skruens hoved«. Sørg for at benene stritter vandret ud. Pres transistorerne fast i printhullerne, således at loddefladerne flugter med printoverfladen og herved opnår bedst mulig kontakt med kobberet. Lod nu transistorerne fast, vær ikke bange for at varme, transistorerne skal nok overleve. Spar heller ikke på tinnets – dog uden at overdrive.

Nu kan dioden 1N4004 og bøjlen monteres. Hvordan dette gøres er vist på fig. 6. Som bøjle kan bruges en loddeflig med 2 vinger og et passende lille centerhul. Bøjlen sikrer bedre termisk kontakt til dioden, og samtidig får transistorerne bedst mulig kontakt til stel, se fig. 6A. – Monter et stykke flex på diodetilledningen, så ubehagelige kortslutninger undgås.

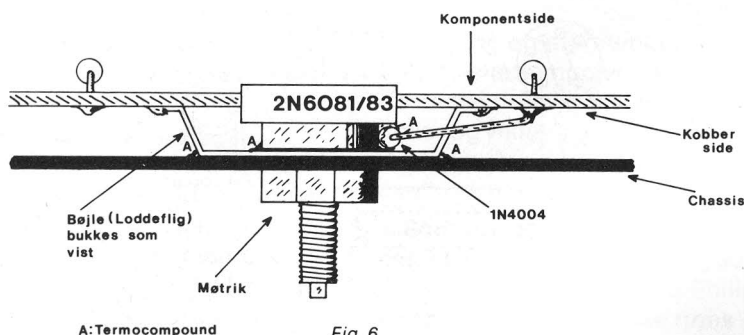
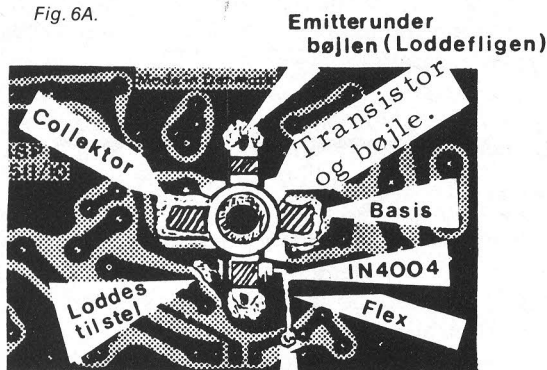


Fig. 6A.

Loddes til emitter  
på BD 135

### Afprøvning.

Inden afprøvningen skal man sikre sig, at transistorerne kan komme af med varmen. Dette sikres bedst ved at spænde PA-trinet op på en effektiv køleplade af en sådan type, at PA-transistorerne kan få termisk kontakt med den, uden at printpladen bliver vredet og således, at de 4 fastspændingshuller uhindret kan benyttes. Vælg ligeledes en køleplade med en ribbeafstand, således at PA-transistorernes fastspændingsmøtrikker uhindret kan benyttes. Husk at møtrikkerne skal være fastspændt, når PA-trinet arbejder, også under trimning.

Man kan også fastspænde PA-trinet i stationens chassis, og bruge dette som køleplade. Husk at kontrollere at transistorerne har god kontakt med kølefladen og brug rigeligt med termocompound i det punkt, hvor transistoren berører kølefladen.

Spændingsforsyningen er det næste punkt, man skal tage hensyn til. Denne skal have kapacitet nok, forstået således, at den er i stand til at levere den nødvendige strøm, som PA-trinet kræver. Minimumskravet til en spændingsforsyning er ca. 4 A, der selvfølgelig skal være stabiliseret. En ting man også skal sikre sig med sin spændingsforsyning er, at den ikke må være HF-følsom. Derfor skal man sikre sig at stabiliseringskredsløbet er godt afkoblet.

Forbind nu PA-trinet som vist på fig. 7. – Tilslut en 50 ohms kunstbelastning, som kan bære effekten.

Drej 50 ohms trimmepotmetrene helt med uret. Husk at styresenderen ikke må arbejde under første del af trimmeproceduren. Tilslut spændingsforsyningen. Forbind nu et U-meter som vist på fig. 7. Juster nu trimmepotmeteret ved 2N6081 indtil U-meteret viser 15 mA. Juster herefter trimmepotmeteret ved 2N6083, til det samlede strømforbrug er oppe på ca. 40 mA. Når dette er gjort, fjernes U-meteret og plussen kobles nu direkte til terminal 1. Dette er transistorens tomgangsstrøm både ved FM- og SSB-drift. – Stil alle trimmekondensatorerne i midterstilling. – Nu testes styresenderen og PA-trinet samtidigt (i stilling FM). Vi skulle nu gerne have et udslag på standbølgemeteret. Juster nu skiftevis på trimmerne indtil max. output er opnået. Det betaler sig at give sig god tid og være nøjagtig med denne justering, da de bedste IMD-data herved opnås. – PA-trinet er nu klar til brug.

### Montering af PA-trinet i stationen.

PA-trinet kan f.eks. monteres som vist på fig. 8, hvor det er sammenkoblet med andre moduler fra MD 500 projektet. PA-trinene kan selvfølgelig

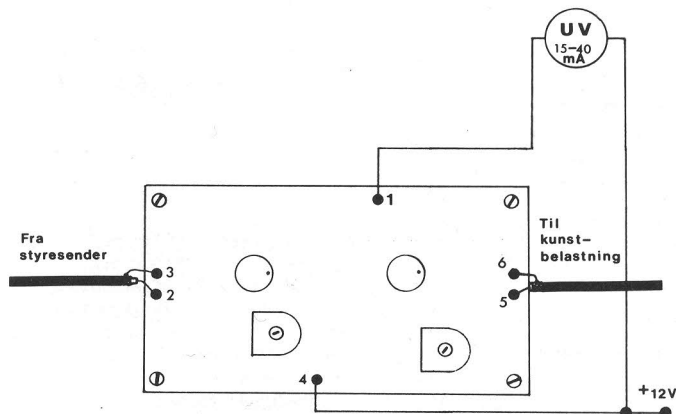
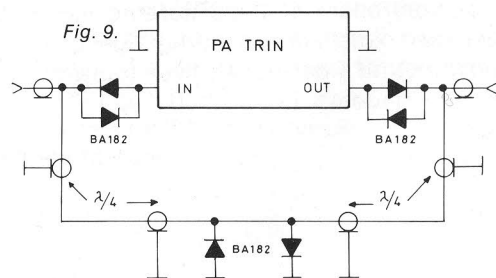
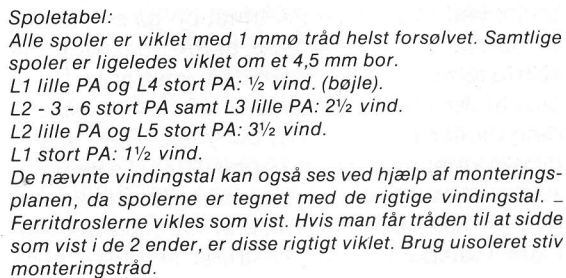
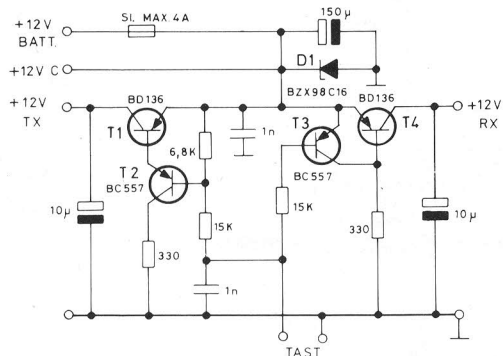
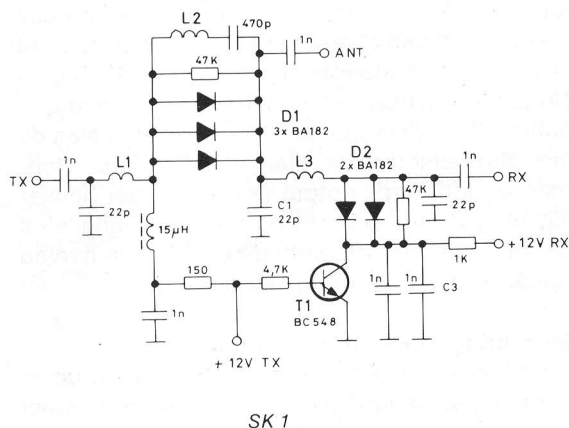
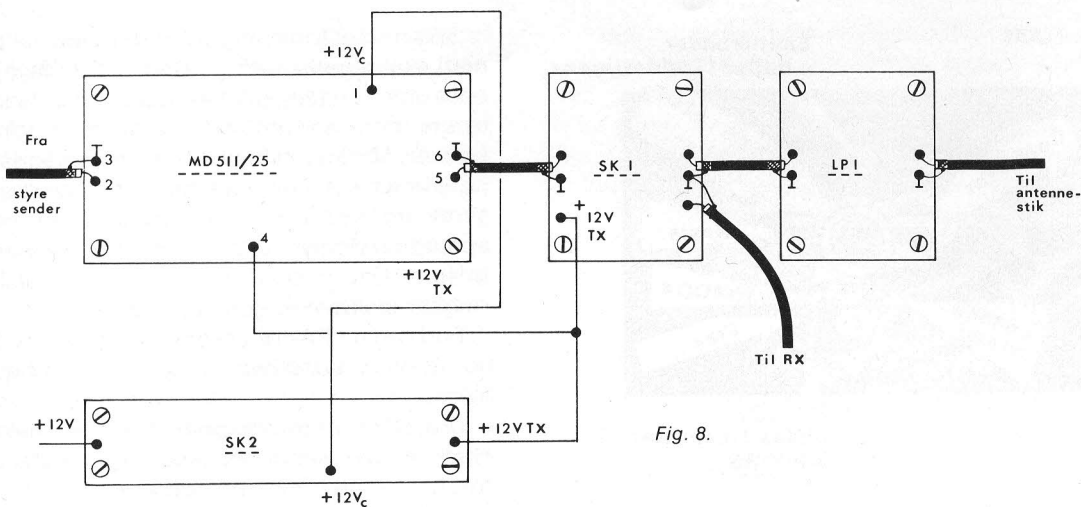


Fig. 7.



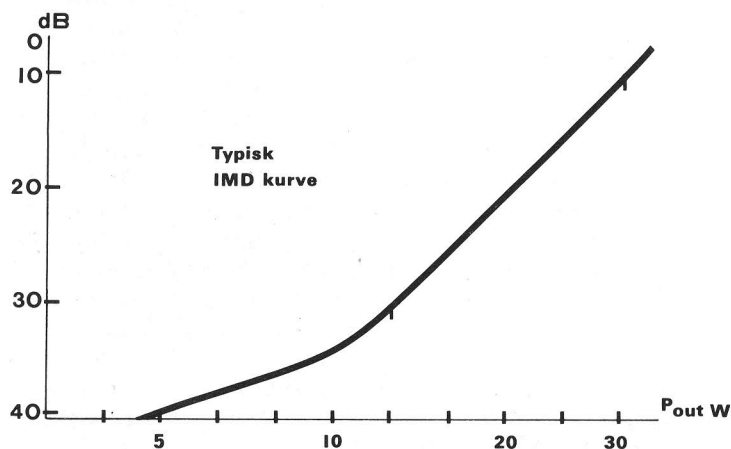


også kobles sammen med andre konstruktioner, da de har norminel ind- og udgangsimpedans på 50 ohm. Hvorledes denne montering skal ske må afhænge af den enkelte station. – Husk, at man *ikke* kan modtage baglæns gennem PA-trinet. Hvis det monteres udenfor stationen, kan kredsløbet som vises på *fig. 9* bruges.

Når den endelige slutmontage er udført, er det klogt at efterjustere PA-trinet ved hjælp af et standbølgeometer og antennen. Husk, at målingen helst skal ske via SK 1 og low-pass filteret, f.eks. LP1 fra BSP. – Husk, det er altid god latin at afslutte sine hjemmegjorte sendere med et low-pass filter.

### Slutbemærkninger.

Hvis PA-trinet ved SSB skal overholde de lovede IMD-data, må den tilførte styreeffekt ikke overstige 0,5 W. Jeg tilråder derfor, at den såkaldte PEP-effekt kun bruges ved PM. *Pas på*, man lader sig let friste til at skrue helt op for effekten. Men lad være, der vindes så at sige intet, bortset fra upopularitet hos medamatørerne. På *fig. 10* vises hvad der sker med IMD-data, når PA-trinet presses op i effekt. Husk altid på, at effekten skal fire-dobles for at én S-grad opnås.



*Fig. 10.*

### Tekniske data for PA-trinene MD 511/10 og MD 511/25:

#### MD 511/10:

Max. udgangseffekt: 12 W.  
 Udgangseffekt ved 1 W styring: Ca. 10 W.  
 Udgangseffekt ved -30 dB IMD: Ca. 6 W.  
 Stabil og squeggfri ved SWR op til 10.  
 Driftspænding: 12–15 V.  
 Strømforbrug: Max. ca. 1,5 A.  
 Længde: 75 mm. Bredde: 40 mm. Højde med bolt: 30 mm.

#### MD 511/25:

Max. udgangseffekt: 30 W.  
 Udgangseffekt ved 1 W styring: Ca. 25 W.  
 Udgangseffekt ved -30 dB IMD: Ca. 13 W.  
 Stabil og squeggfri ved SWR op til 10.  
 Driftspænding: 12–15 V.  
 Strømforbrug: Max. ca. 3,5 A.  
 Længde: 95 mm. Bredde: 50 mm. Højde med bolt: 30 mm.

# BSP BYGGESÆT



MD511/25

## LINIÆRE PA-TRIN TIL 2 METER

**MD511/25** Max udgangseffekt: 30 Watt. Ved  $\pm 30$  dB IMD ca. 13 Watt ..... **548,00 kr.**

**MD511/10** Max udgangseffekt: 12 Watt. Ved  $\pm 30$  dB IMD ca. 6 Watt ..... **248,00 kr.**

Priserne er incl. moms. – Ring eller skriv efter datablade.

### **BENSØ PRINT ApS**

Finsensvej 52, 2000 Kbh. F., tlf. (01) 10 64 91 opgiver nærmeste forh.